الأستاذ الدكتور
عبد المنعم محمد بلبع

أحياء
تحت سطح الأرض



الناشر
الشنهابى للطبع والنشر والتوزيع
الأسكندرية

أحيـــاء

تحت سطح الأرض

اسم الكتاب : إحياء تحت سطح الأرض

اسم المؤلف : أ.د. عبد المنعم محمد بلبع

رقم الايداع بدار الكتب والوثائق المصرية : ١١١٨٦ / ٢٠٠١

الترقيم الدولى I.S.B.N 8 - 37 - 5463 - 977

الطبعة : الاولى

الطباعة : الشنهابى للطباعة والنشر

المركز الرئيسى : نهاية شارع درويش بك ميدان غبريال الاسكندرية ت : ٥٧٤٨٦١٨

المطابع : مرغم ك ٢٥,٥ طريق اسكندرية القاهرة الصحراوى خلف شركة بروتال

الناشر : الشنهابى للطباعة والنشر

أحيـــاء

تحت سطح الأرض

دكتور

عبد المنعم بلبع

أستاذ علوم الأراضي والمياه

قسم الأراضي والمياه - كلية الزراعة

جامعة الإسكندرية

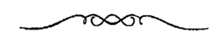
١٤٢١ هـ - ٢٠٠٠ م

بسم الله الرحمن الرحيم

هذا الكتاب

نحا الكاتب فى هذا الكتاب نحوا آخر يختلف عن كتبه السابقة عن الأرض فقد رأى أن يعطى للناحية الحيوية فى الأرض بعض حقها فى هذه السلسلة من كتبة عن الأرض ولم يشأ أن يكون الكتاب من الكتب الأكاديمية عن الأرض بل شاء أن يكون كتاباً أقرب إلى الكتب العلمية المبسطة وفى نفس الوقت يتصف بالدقة العلمية ولما كان باطن الأرض يزخر بالملايين من الأحياء فقد اختار الكاتب أن يعرض لهذه الملايين ببعض الوصف حتى يوفيها بعض حقها ويوضح دورها بالنسبة للأحياء الأخرى وتتنوع هذه الأحياء من الكائنات الدقيقة (الميكروبات من البكتريا والفطريات) إلى الحشرات والزواحف وغيرها .والصفة التي تجمعها معاً هي وجودها تحت سطح الأرض ومن هنا جاء اسم الكتاب راجياً أن يكون فى هذا الاسم ما يجذب القارئ ويهيئ ذهنه للاطلاع عليه .

مُقَدِّمَة



بسم الله الرحمن الرحيم

القارىء الكريم ،،

نحن نردد كلمة " **أمنـا الأرض** " دون أن نفكـر فـى معناهـا الواقعـي ولكن علماء الماضي كان منهم من أقتنـع بـأن الأرض هـي مصـدر الحيـاة وأنها قادرة على أن تهب الحياة ذاتياً فقد لاحظوا أن بعض الأحياء تخـرج حية من الأرض دون معرفة مصدرها وتطور العلـم وعـرف العلمـاء وغـير العلماء مصدر ما يخرج من الأرض من ديدان أو فئران حية و لم يعد بـاطن الأرض مجهولاً لدى الكثيرين من عامة البشر فقـد عـرف أن تحـت سـطح الأرض العديد من الأحيـاء التـى لا يلائـم حياتهـا إلا هـذه البيئـة الخاصـة بظلامها ورطوبتها .

ومنذ سنوات رأيـت بحكـم تخصصـي فـى علـوم الأراضي أن أكتـب سلسلة من الكتـب عـن الأرض مـن مختلـف النواحـي فكـان نتيجـة ذلـك مجموعة من الكتب شملت وصف أراضي مصر والوطن العربي وإسـتصلاح الأراضى مختلـفة الخـواص والأسمدة والتسـميد وتقـويم الأراضى وتثمـينهـا وتصحر الأراضى وتلوثهـا. والأرض كمصدر طبيعي لخير البشر بما تنتجه

وتصحر الأراضى وتلوثها. والأرض كمصدر طبيعي لخير البشر بما تنتجه من غذاء وكساء ومعادن وقد رأيت أن يركز فى الكتاب الحالي على الأحياء التى تعيش تحت سطح الأرض على أمل أن يكون فيه ما يزيد نظرة القارئ عمقاً وشمولاً.

وأحياء تحت سطح الأرض عالم كبير لا يقل عدداً عما على سطح الأرض من أحياء فهو يشمل النباتات والميكروبات والحشرات والعديد من أنواع المخلوقات .

وأرجو أن يحقق هذا الكتاب ما حققته الكتب التى سبقته من إذاعة المعرفة عن " **أمنا الأرض**" خصوصاً وأن الأرض فى مصر وفى العديد من دول الوطن العربي تحتل موقعاً هاماً فى برامج التنمية .

نحن نعيش على سطح الأرض نبنى ونعمر ونزرع ونصنع وننسى أن فى باطن الأرض أحياء يؤدون أنشطة قد تختلف عن نشاطنا على سطح الأرض ولكنه وبكل المقاييس لا يقل إعجازاً عن النشاط الذي نمارسه فوق سطح الأرض.

وتحت سطح الأرض مرتبط فى أذهاننا بما لا نحب ولا نعرف الكثير عنه فنسبنا إليه الجن وما نكرهه من المخلوقات فالثعابين تخرج إلينا من تحت سطح الأرض والفئران والزواحف جميعها تخرج إلينا لتمارس نشاطها الذي نكرهه من تحت سطح الأرض .

وتحت سطح الأرض بيئة تعج بالحياة وليس بالضرورة أن تكون حياة سكانها مطابقة لحياة البشر فلكل بيئة نوع من الحياة يلائم ظروفها .

وأول ما يتبادر إلى ذهن القارئ من مظاهر الحياة تحت سطح الأرض هو حياة جذور النباتات خصوصاً فى الغابات الكثيفة . وفى الغابة يزداد شعور الإنسان بالحياة تحت سطح الأرض فبالإضافة إلى جذور النباتات يوجد أعداد لا حصر لها من المخلوقات القارضة والزاحفة والساكنة والمتحركة ترتبط بما تحت سطح الأرض .

ودارس علوم الحياة يعرف أمثلة لا حصر لها لأحياء تعيش تحت سطح الأرض ودليلنا على حياتها تحت سطح الأرض خواص هذه المخلوقات خصوصاً عملية التنفس أي أخذ الأوكسجين وإخراج ثانى أوكسيد الكربون فهي عملية تميز المخلوقات الحية والصفحات التى أقدمها للقارئ الكريم تركز على بعض هذه المخلوقات غير أنها ليست صفحات فى علوم الحياة بقدر ما هي لمحات عن خصائص بعض ما يعيش فى باطن الأرض من نباتات وميكروبات وحشرات فكل من هذه الأحياء ذات خواص تستحق أن تتعرف إليها .

وا لله الموفق ،

الإسكندرية فى يوليو سنة ٢٠٠٠ أ.د. عبد المنعم بلبع

الباب الأول

- ◊ الأرض والتربة
- ◊ مكونات الأرض

الأرض .. والتربة

بعد أن إنفصلت الأرض عن السديم الذي أحتوى الكواكب والنجوم كانت كتلة ضخمة ملتهبة من الصخر الملتهب وبعد أن برد سطحها لدرجة تسمح للأوكسجين والهيدروجين بالاتحاد وتكون من هذا الاتحاد الماء الذي سقط على سطح الأرض وجرف فى طريقه إلى المواقع المنخفضة كل ما صادفه من صخور وتكونت نتيجة ذلك البحار والبحيرات والأنهار وظلت الانهيارات الأرضية تتوالى بانزلاق أجزاء من الصخور والجبال ثم تحملها الرياح وتجرفها السيول أميالاً والتربة التى توجد الآن فى الغابات ليست سوى حالة من حالات السكون والصخور معرضة حتماً لجميع الاختبارات القاسية التى تفرضها الطبيعة عليها فالشمس المسلطة عليها تسخنها إلى درجات حرارة شديدة الارتفاع أثناء النهار صيفا فتتمدد المواد المعدنية التى بها ثم تعود إلى الانكماش بفعل برودة الليل ويتكرر ذلك خلال عشرات ومئات وآلاف السنين وينتج عن هذا التمدد والانكماش المتوالي فصل أجزاء الصخر ولا يستثنى من ذلك أضخم الصخور فلابد لها من التفتت يوماً .

ودرجة حرارة سطح الصخر عالية إلا أن هذه الحرارة العالية لا تصل إلى داخل الصخرة فتكون باردة على بعد بوصات قليلة من السطح فالصخر موصل رديء للحرارة وهكذا يمتد التمدد والانكماش من السطح

نحو الداخل حتى تنفصل أخيراً القشرة السطحية وتشاهد بوضوح فى الصحارى حيث الشمس المحرقة فالطبقات الخارجية تتمدد إلى أقصى حدود التمدد وتهبط الحرارة ليلا هبوط فجائياً فيحدث انكماش سريع فى هذه الطبقات نفسها فتنفصل من مواضعها .

والأجزاء الصخرية الكبيرة نوعا التى انفصلت بفعل عوامل التجوية تطحن إلى حبيبات أدق وعندما تجرفها السيول يزداد طحنها بتقلبها فيها ويترسب الرمل والحصى عند انحناءات النهر إذ تضعف سرعة مياه النهر فتترسب الأحجام الكبيرة أولاً .

والتربة بالنسبة للأرض كقشرة البرتقالة بالنسبة إلى فصوصها غير أن التربة لا تتكون إلا بإضافة المواد الحية أو التى كانت حية فلا تربة بدون حياة فهما صنوان لا يفترقان فالكائنات الحية تسبب الفرق الكبير بين مجرد كتلة من الحبيبات المعدنية وبين التربة المعدنية .

قشرة الأرض

تحتوى قشرة الأرض الطبقة السطحية من كوكب الأرض التى تقسم إلى دوائر، والطبقات أو الدوائر الخارجية تتكون من (Rdy Chaudry, : 1960)

أ – اتموسفير Atmosphere
ب– هيدروسفير Hydrosphere
جـ– الليثوسفير Lithosphere

ويطلق على الجزء الداخلـى مـن كوكـب الأرض بـارى سـفير Bary sphere وهو ذو كثافة عالية ويتفق الجيوفيزيائيون علـى أن البـارى سـفير حالياً يتكون من مادة صلبة محاطة بطبقات. تقل كثافتهـا تدريجيـا بالاتجـاه إلى الخارج وطبقة الليثوسفير يختلف تركيبها من موقـع إلى آخـر ويتوقـف ذلك على عدة عوامل منها الحرارة والضغط السائدين فى أى موقع .

وعلى أساس هذه العوامل تقسم منطقة الليثوسـفير إلى ثلاثـة نطاقـات والنطاق الأسفل عند عمق ١٦-١٩كم توجد منطقة الماجمه تحـت ضغـط يبلغ ٥٠٠٠ جو ودرجـة حـرارة ١٠٠٠°م وفوقهـا منطقـة متحولـة ذات ضغط يقاس بالآف الأجواء ودرجة حرارة تـتراوح بين أعلـى أوأقـل مـن ٣٧٤°م وتعلو هذه الطبقة المتحولـة نطـاق التجويـة ودرجـة حرارتـه هـى درجة حرارة سطح الأرض وتحت ضغط جوى تختلف بـين ضغـط جـوى واحد وضغط عمق المحيطات .

والغطاء المائى لقشرة الأرض يغطى أكثر من ثلثىّ الطبقة الصلبة ويبلغ عمقه نحو ١١,٢كم كقيمـة عليـا ويبلـغ متوسـط عمقـه ٣,٢كـم ويعلـو النطاق الصلـب والغطاء المائى غطاء من الهواء .

وقشرة التجوية هى الطبقة العليا من الليثوسفير وتتكون مـن منتجـات مفككـة مـن تفتـت الصخـور البركانيـة والمتحولـة Igneous and metamorphic وهى ما يطلق عليه أرض أو تربة .

ومتوسـط إرتفـاع الأرض ٨٢٦ م وأعلـى إرتفـاع ٨٨٨٨ م وأعمـق نقطة فى المحيطات ١٠٧٩٧ م ومتوسط العمق ٣٦٨٢ م .

متوسط النسب المئوية لتركيب النطاق الصلب لكوكب الأرض

العنصـــــر	النسبة المئوية
الأوكسجين	٤٧,٣٣
السليكون	٢٧,٧٤
الألومنيوم	٧,٨٥
الحديد	٤,٥٠
الكالسيوم	٣,٤٧
الماغنسيوم	٤,٢٤
الصوديوم	٢,٤٦
البوتاسيوم	٢,٤٦
الهيدروجين	٠,٢٢
التبنانيوم	٠,٤٦
الكربون	٠,١٠
الكلورين	,٠٦
الفوسفور	٠,١٢
الكبريت	٠,١
الباديوم	١,١٢
المنجنيز	٠,٠٨
السترونثيوم	٠,٠٢
القلورين	٠,١

المصدر: Clarke Ray chaudry. Land & Soil

وإذا فرضنا أن قشرة الأرض تزداد بمعدل ثابت فى مدة ٥ بلايين سنة (٥ × ١٠^٩) يمكن استنتاج أن سمك هذه القشرة يزداد بمعدل ١سم كل سنة وإذا اكتملت العملية فى خلال (٥ × ١٠^٦) سنة يصبح معدل زيادة القشرة ١٠م/سنة .

وقشرة الأرض متصلة على سطح الأرض وهى عميقة فى بعض المواقع كما هى فى اندوجاينجتك Indgangetic plain واضحة ، وغير عميقة في مواقع أخرى كما هى الحال فى منحدرات الجبال وقممها وقد تكون حمراء كما فى كاهيولا Chhola أو سوداء كما فى مرتفعات مالوا وقد تكون رملية كما فى راجيوتانا أو طينية كما فى حقول الأرز فى أحواض الأنهار غربي البنجال غير أن كل أرض تتكون من مواد معدنية وعضوية وماء وهواء وتظل المكونات الأساسية ثابتة .

وللأرض طول وعرض وعمق ، وتتعرض الصخور (بركانية ورسوبية ومتحولة Igneous sedimentary and metamorphic) للشمس والأمطار والرياح لمدد طويلة وتعرضها لفعل قوى فيزيائية وكيميائية تسمى التجوية تتفتت وتتحلل إلى صخور أصغر تسمى مواد الأصل Parent maiarial .

مكونــات الأرض

" **الأرض** " ليست مادة واحدة متجانسة بل مجموعة من المواد يساهم كل منها فى إعطاء هذا النظام الأرضي المعقد صفاته وخواصه .

ويتكون النظام الأرضي من مجموعات من المواد التى قسمت حسب حالتها الفيزيائية إلى صلبة وسائلة وغازية . ويعيش بالأرض عدد ضخم من الكائنات الحية الدقيقة وغير الدقيقة تكسب الأرض التى تعيش فيها صفات وخواص مختلفة . وفى هذه الإشارة المختصرة إلى مكونات الأرض نركز إهتمامنا على الصورة الصلبة من النظام الأرضي .

الصورة الصلبة من النظام الأرضي

يتكون الجزء الصلب من الأرض من معادن مشتقة من الصخور وقد تغيرت هذه المعادن بعوامل التجوية Weathering إما بالانحلال المباشر لها أو بتأثرها بنواتج انحلال غيرها من المعادن والمواد الأرضية ويختلط مع هذه المعادن رواسب من كربونات وفوسفات الكالسيوم والمواد العضوية القديمة المقاومة للانحلال أو المواد العضوية ومتخلفات النباتات التى لم تتحلل .

ومن ناحية التوزيع الحجمى لحبيبات الجزء الصلب من الأرض فتنقسم مكوناته إلى :

رمل خشن :	وقطر حبيباته تتراوح من ٠,٢ إلى ٢مم
رمل ناعم :	وقطر حبيباته تتراوح من ٠,٠٢ إلى ٠,٢مم
سلت (طمى) :	وقطر حبيباته تتراوح من ٠,٠١ إلى ٠,٠٢مم

ويعبر عن هذا التوزيع الحجمي "بالتحليل الميكانيكي" للأرض ويجرى هذا التحليل عادة للتعرف إلى المكونات الأولية لحبيبات الأرض من الناحية الحجمية ولذا يتخلص من كربونات الكالسيوم والمواد العضوية التى تقوم بعملية لصق الحبيبات الصغيرة مع بعضها قبل إجراء التحليل .

تكون التربة

يتضح من فحص سطح الكرة الأرضية أن عوامل متعددة كان لها أثر كبير على خواص التربة التى تكونت على هذا السطح مثل الطبوغرافية والغطاء النباتي والأنهار وتكوين الصخور وغيرها ولهذه العوامل آثار هامة على سطح الأرض وعلى طبقات الأرض من أعلى إلى أسفل حتى الصخر الأصلي وهو ما يسمى قطاع التربة وسطح الأرض الأصلي كان متعرجا غير مستوى نتيجة للبرودة والانكماش مما نتج عنه الأراضى المرتفعة والجبال والهضاب والمنخفضات حيث توجد المسطحات المائية التى تجمعت بعد ذلك مكونة البحار والمحيطات وغيرها .

وفى كثير من الأوقات كان ينتاب الأرض بعض الظواهر العنيفة مثل الزلازل والبراكين وارتفاع الجبال وانحسار المحيطات وانزلاق الثلاجات

كما حدثت كسور وتشققات وتغيرات فى المناخ أدت إلى تكون الثلوج والصحارى مما أدى إلى تغير جذري فى طبوغرافية الأرض فى مواقع كثيرة وتعرضت الصخور على الجبال والمرتفعات لعوامل التجوية والتفتت بتأثير الشمس والأمطار والرياح والصقيع والثلاجات ونحر السيول والمواد التى جرفت ترسبت فى مواقع أخرى فى شكل طبقات من الرواسب من الرمل والحصى والطمي والتلال الرملية .

وسنكتفي فى حديثنا عن الجزء الصلب من الأرض بالحديث المختصر عن الطين وعن المادة العضوية الأرضية .

التوزيع الحجمى (التحليل الميكانيكي) لمكونات بعض الأراضى المصرية

مصدر العينة	النسبة المئوية للمكون		
	الرمل	الطمي	الطين
محطة كلية الزراعة بالإسكندرية	٤٢	١٨	٤٠
كفر الشيخ	٣٢	٣٤	٣٤
كفر الدوار	١٤	٣٨	٤٨
مريوط	٤٢	٣٥	٢٢
طمبا (النوبارية)	١٠	٢٣	٦٧
مديرية التحرير قطاع شمالي	٣١	٢٢	٣٩

محتوى الأرض من الكائنات الحية

النـوع	العـــدد
البكتريا	١,٠٠٠٠٠٠٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
اكتينومايتسر	١٠,٠٠٠٠٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
فطريات	١,٠٠٠٠٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
بروثوزوا	١,٠٠٠٠٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
طحالب	١٠٠٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
نماتودا	١٠,٠٠٠ أو أكثر لكل ١ جم من الأرض
ديدان أرضية	١,٠٠٠٠٠٠٠ في فدان بعمق ٢,٥ سم

ملاحظات: يختلف العدد إختلافاً كبيراً حسب نوع الأرض والموسم الزراعى.

الطـين

لا يوجد تعريف واحد دقيق للطين ولكن يوجد عدة تعريفات حسب الناحية التى ينظر منها إلى هذه المادة فمن الناحية الكيميائية يمكن اعتبار الطين (أملاحا) لحامض الألومنيوسيليسيك Aluminosilicic مع بعض العناصر الأرضية والحديد .

ومن الناحية الفيزيائية Physical أو التوزيع الحجمى لحبيبات الأرض فقد سبق أن أشرنا إلى أن الطين هو المواد دقيقة الحبيبات التى توجد طبيعياً naturally بالأرض وتكتسب خاصية الليونة Plasticity إذا أضيف إليها مقدار محدود من الماء ويقصد بالليونة خاصية التشكل التى تكتسبها المواد الرطبة إذا عوملت بالضغط على أن تحتفظ بشكلها الجديد الناتج عن الضغط إذا رفع الضغط عنها .

ويختلف حجم الحبيبات الذي تعتبر عنده المادة داخلة ضمن الطين فالجيولوجيون يعتبرون الطين كل مادة يقل قطرها عن ٢ ميكرون حسب التقسيم الدولي وفى هذه الحالة ليس من الضروري أن تكون المادة ذات الحبيبات الأقل من ٢ ميكرون من معادن الطين (كيميائيا) .

ويلعب الطين دوراً أساسياً فى خواص الأرض الكيميائية والطبيعية وفى وظيفتها كبيئة لنمو النبات فالطين أهم مكونات الأرض القادرة على الاحتفاظ بالماء وله تأثير كبير على سهولة أو صعوبة خدمة الأرض وعلى تهويتها وقدرة الجذور على النمو فيها وهو عامل هام فى خصوبة الأراضى لما يحتويه من العناصر المغذية اللازمة لنمو النبات وقدرتها على الاحتفاظ بها ويسر هذه العناصر لتغذية النبات كما أنه عامل هام فى ثبات الأرض من ناحية تأثيرها الحامضى أو القاعدي لسعته التنظيمية العالية Buffering Capacity فلا يتغير الرقم الهيدروجينى (pH) للأرض سريعا إذا كانت تحتوى نسبة عالية من الطين .

وخاصية الالتصاق بين حبيبات الطين تزيد قدرة الأرض على مقاومة عوامل النحر والانجراف بالماء والرياح .

مما ذكرنا عن الطين يتضح أنه محدد لخواص الأرض الفيزيائية والكيميائية وهو العامل الأول فى التفاعلات التى تتم فى الأرض .

وبناء الطين وحجم بللوراته الدقيق يجعل له القدرة على جذب الكاتيونات والأنيونات الموجودة فى الوسط المحيط به وهو ما يطلق عليه "تفاعل التبادل الأيونى" .

ويعتبر تفاعل التبادل الأيونى أهم التفاعلات التى تؤثر على صور العناصر المغذية للنبات ومقاديرها الميسورة لتغذية النبات ويمتد أثر هذا التفاعل إلى كثير من العمليات التى تحدث بالأرض فدراسة الأراضى الحامضية أو الأراضى الصودية (القلوية) هي دراسة الأراضى التى ترتفع فيها نسبة الهيدروجين المتبادل فى الأولى والصوديوم المتبادل فى الثانية المرتبط بسطح الطين .

والتحولات التى تحدث للبوتاسيوم أو الأمونيوم أو الفوسفور أو غيرها من العناصر المغذية ينتج أغلبها عن تفاعل التبادل الأيونى على سطوح الطين وخصوبة الأراضى ترتبط إلى حد كبير بالسعة التبادلية الكاتيونية لها فالكاتيونات المتبادلة صورة ميسورة من العناصر المغذية يستطيع النبات امتصاصها . وتفاعل التبادل الأيونى كما هو صفة هامة من صفات الطين والمادة العضوية فهو أيضا صفة هامة من صفات جذور النباتات فقد أوضحت دراسات آلية تغذية النبات أن التبادل الأيونى يلعب الدور الرئيسي فيها .

والسعة التبادلية الكاتيونية للأرض هي مقدار الكاتيونات بالمليمكافىء التى تشبع سطح ١٠٠ جم من الأرض وعندما تكون الكاتيونات المدمصة على سطح الطين كاتيونات قاعدية ولا يوجد هيدروجين مدمص على سطح الطين يطلق على الأرض أنها مشبعة بالقواعد Saturated أما عندما تحتوى الأرض على هيدروجين مدمص (متبادل) ضمن ما تحمله من قواعد

فيطلق عليها أنها غير مشبعة بالقواعد Unsaturated وتختلف السعة التبادلية الكاتيونية حسب عدد من العوامل :

١- لما كان العامل الفعال هو سطح حبيبات الطين فكلما يزداد السطح الماص كلما زادت السعة التبادلية الكاتيونية وبالتالي فالحبيبات الدقيقة مثل الطين ذات سعة تبادلية كاتيونية أعلى من الحبيبات الخشنة والسعة التبادلية لحبيبات السلت ذات القطر ٥-٢٠ ميكرون حوالي ٣ ملليمكافى /١٠٠جم بينما لحبيبات الطين ذات قطر ٠,٥ - ١,٠ ميكرون تصل إلى ٣٥ ملليمكافى/١٠٠جم .

٢- سبق الإشارة إلى إختلاف معادن الطين بعضها عن بعض وأحد أوجه هذا الإختلاف ينعكس على السعة التبادلية الكاتيونية :
فالمونتموريللونايت يدمص نحو ١٠٠ ملليمكافى/١٠٠جم .
والألايت يدمص نحو ٣٠ ملليمكافى/١٠٠جم
والكاوليتايت يدمص نحو ١٠ ملليمكافى/١٠٠جم

٣- تساهم المادة العضوية بالأرض بنصيب كبير فى السعة التبادلية الكاتيونية وقد قدرت السعة التبادلية الكاتيونية للبيت Peat فكانت نحو ١٥٤ ملليمكافى/١٠٠جم وللجنبين١٦١ ملليمكافى/١٠٠جم وللسيليلوز Semicellulose ٣٨٥ ملليمكافى/١٠٠جم .

وتقوم الأرض بتغذية جميع الكائنات التى تعيش على هذا الكوكب، وكان القدماء يرون فى عبارة "الأرض الأم" حقيقة علمية فالأرض تعطى

الحياة مما حدا بقدامى الإغريق إلى أن يعتبروها مصدراً قد تنشأ عنه الحياة تلقائياً دون حاجة إلى الاستعانة بالتكاثر والتزاوج وقد أكد أرسطو تأكيداً جازماً أن ظهور الحياة بطريقة تلقائية حقيقة علمية فقد لاحظ أن بعض المخلوقات تنشأ من التربة ومن المواد عديمة الحياة حوله مثل مولد يرقات بعض الحشرات وخروج الفئران كاملة النمو من التربة الرطبة وظلت هذه المعتقدات سارية حتى أواسط القرن التاسع عشر فقد أتضح أن الأرض نفسها لا تولد الحياة ولكنها تعمل بمثابة جهاز تفريخ كبير لعالم الأحياء والكائنات الحية التى توجد بها .

والأرض ليست صلبة كما تبدو لنا فأكثر من نصفها أجوف يملأه الهواء والماء وعدد كبير من الأحياء تعيش بين الحبيبات فالكائنات الأرضية لا تعيش فى الواقع فى التربة بل بين حبيباتها فالحبيبات تكون هيكل التربة وتختلف فيما بينها إختلافاً كبيراً فى حجمها وقد سبق ذكر ذلك فحبيبات الأرض الطينية أكثرها دقة إذ يقل قطر الحبيبة الواحدة عن ٢٠٠٠/١ من البوصة مما يجعلها أصغر من أن ترى بالعين المجردة وحبيبات الرمل أكبر حبيبات التربة وتتدرج فى حجمها حتى يصل قطر الحبيبة ٢٠/١ من البوصة أما التربة الطمييه فحبيباتها وسط بين الرمل والطين أما الحبيبات الأكبر حجما فتعرف بالحصى .

وبعض أجزاء من التربة يتكون من أنابيب رفيعة وثقوب مملوءة بالماء بين الحبيبات وكذلك من الغشاء المائى الرقيق المنتشر على سطوح

الحبيبات وهى بيئة تعيش فيها الكائنات الأرضية التى يمكن أن نطلق عليها "مجموعة الأحياء المائية " وكان على الحيوانات أن تتغلب على الكثير من العوائق ولم يصل أى منها إلى ذلك ومنها وصلت قملة الخشب Wood lice وأقاربها الحالبون ومنهم السرطان (أبوحليمو) والجمبري تعيش فى الماء وقد أستغرق تحول قملة الخشب من الحياة المائية إلى الحياة الأرضية ملايين السنين .

وبإمتلاء المسافات البينية للتربة بالماء ينقطع مورد الأوكسجين فيتغير عالم الميكروبات فالبكتريا الهوائية التى تحتاج إلى الأوكسجين قد تتوقف عن الحركة وتبدأ أنواع أخرى من البكتريا (اللاهوائيه) أى التى تزدهر فى غياب الأوكسجين وتستطيع أن تتكاثر أما البروتوزوا فتنشط وتخرج من حويصلاتها وتأخذ فى التهام أعداد من البكتريا وينجح عدد قليل من هذه البلايين بطريقة ما فى البقاء حياً حتى تمر الأزمة وقد توجد خلية بكتريا وحيدة فى بعض المواقع داخل جيب هوائى كما قد تبقى حشرة بمفردها متعلقة بفقاعة من الهواء وسرعان ما تنشط لإعادة تعمير منطقة من الأرض بعد تراجع الفيضان .

والدودة الأرضية تجيد السباحة إلا أنها ترتبك وتندفع نحو الخارج حيث تشل أشعة الشمس حركتها أما الشدو (وهو من الثدييات آكله الحشرات تشبه الفئران وذات رأس طويل وفم مدبب) فيصرخ بصوت

مرتفع ويندفع ليزاحم غيره فى طرف الخندق الذى يعيش فيه أما الخلد (الفأرة العمياء) فهى تجيد السباحة فلا يصيبها من الضرر غير القليل .

وتعانى الأرض من الضباب والرياح والسيول وهطول الأمطار فجأة ويؤدى ذلك إلى القضاء على الكثير من الأحياء فبعض الأحياء تختنق نتيجة تشبيع التربة بالماء وقد يحفر بعضها الآخر أنفاقاً إلى أعماق التربة لينجو بنفسه من تدفق الماء .

ولدرجات الحرارة تحت سطح الأرض أثر كبير على الكائنات التى تسكن فيها وأوضحت بعض الدراسات أن درجات الحرارة تبقى ثابتة طوال النهار على عمق ٥٠ سم بينما تتغير على السطح بين ١١ و ٤٤°م وإنتظام درجات الحرارة سبب فى عدم إختلاف الكائنات الأرضية إختلافا كبيراً كما كنا نتوقع فعلى بعد ٦٠سم من سطح الأرض تكاد درجة الحرارة تكون ثابتة فى شتى بقاع الكرة الأرضية .

وتساهم جذور النباتات بإمتدادها داخل شقوق الصخور فتؤدى إلى تحطيمها نتيجة ما تفرزه من أحماض تساعد على إذابتها كما أنها تمتص الماء الموجود فى الطبقات السفلى التى تمتد إليها وتنقل الأملاح إلى الأوراق وعندما تتساقط الأوراق وتتعفن تستقر المواد المعدنية الآتية من أعماق التربة على الطبقة السطحية والشجرة التى تبدو هادئة ساكنة تكون فى الواقع نشطة تحت سطح الأرض لتجدد عالمها الخاص من التربة .

وتعمل النباتات المختلفة بإستمرار على زيادة ما فى التربة من خصوبة

وللتربة أنواع كثيرة لا عدد لها لكل منها شخصية فريدة يستطيع المتخصص أن يفك رموزها ولمعظم أنواع التربة طبقات ثلاثة (أفاق القطاع الأرضي) وهى :

أ) الطبقة العليا.

ب) الطبقة الوسطى .

جـ) الطبقة السفلى .

وقد ينقسم كل منها إلى أقسام أصغر وكثيراً ما تكون الطبقة العليا رطبة إسفنجية التكوين وقد يحدث أن تتكون الطبقة كلها من المواد العضوية مما تتلقاه من أوراق الأشجار التى تتساقط عليها والحياة فى هذه الطبقة على أشد ما يكون وكذا الطبقة الوسطى .

ومن الطبقتين أ ، ب تتكون التربة الحقيقية وهما وحدهما اللتان تحتويان على الحياة أما الطبقة (جـ) فهى المادة الأصلية Parent material التى نشأت عنها هذه التربة ولا حياة فيها إذا إستثنينا بعض جذور إستكشافية تشق طريقها إليها أحياناً .

أراضي السولونز

السولونز نوع من الأراضى الملحية الجرداء تكونت فى مناطق الأستبس Stepps حيث عمليات نقل الأملاح والماء نشطة ومستوى الماء الجوفي فى هذه الأراضي عادة أعمق من أن يسمح للماء بالصعود إلى

السطح بالخاصة الشعرية ولا توجد الأملاح عادة فى الطبقة السطحية بل على عمق بعيد عن السطح بين ٣٠-١٠٠ سم .

ويتميز فى قطاع هذه الأراضى ثلاثة آفاق :

- **أفق " أ "** : مغسول Eluvial ذو سمك بين ٥-٢٠سم خفيف القوام.
- **أفق " ب "** : أفق إستقبال Alluvial ذو سمك من ٥-١٠سم ذو بناء عمودي منشوري Columnar Prism كثيف القوام ذو تأثير قلوي لوجود ٠,١٪ من حامض الكربوتيك ورقم هيدروجيني حوالي (٩) وصوديوم متبادل يتراوح بين ٢٠-٥٠٪ من السعة التبادلية الكاتيونية.
- **أفق " ج "** : أفق غنى بأملاح الكربونات أو الكبريتات أو الكلوريدات ومادة الأصل تأثرت قليلا بعوامل تكوين الأراضي وزادت بها نسبة الأملاح وتتميز أراضي السولونز بإنخفاض نفاذيتها وتماسكها وقلة تهويتها مما يؤثر على قدرتها الإنتاجية .

ويقسم كوفدا أراضي السلولونز إلى مجموعتين على أساس الظروف الهيدرولوجية إلى :

١- سولونز شبه ملحية (سولوتشاك)

يكون عمق مستوى الماء الجوفي لهذه الأراضي حوالي ٣-٨ م وتركيز الأملاح منخفضا أو متوسطا ويرتفع الماء بالخاصة الشعرية فى الجو الجاف ويسبب تراكم الصوديوم المتبادل فى الأرض ويميز الجزء الأسفل من الأفق

"ب" وأفق "ج" بوجود نسبة من الأملاح الذائبة وفى بعض الأحيان بوجود الجبس دائما بوجود مقادير هامة من كربونات الكلسيوم ويمكن تقسيم هذه الأراضي حسب سمك أفق " أ " فقد يكون قشريا Crusty لا يزيد سمكه عن ٣-٥ سم أو عميقاً يصل سمكه إلى (أفق أ) إلى حوالى ١٠-١٥ سم وفى هذه الحالة تكون إنتاجية الأرض أعلى من الأرض ذات الأفق القشرى .

٢- سولونز الأستبس Steppe Solonetz

تتكون هذه الأراضي عادة فى المساطب المرتفعة للأنهار حيث يكون عمق مستوى الماء الجوفي أكثر من ٢٠-٣٠ م ولا يلعب دوراً فى الوقت الحاضر في عمليات تكون الأراضى .

وقطاع هذه الأراضى مشابه لقطاع السولونز ولكن درجة القلوية فيها أقل وسمك أفق " أ " كبير وتتحول هذه الأراضى عادة إلى الأراضى الكستنائية Chestnut .

رسم توضيحى لقطاع أرض سولونز

تأثير الأملاح على نشاط الكائنات الدقيقة الأرضية

أوضحت دراسات عنتر وزملاءه أن عدد الميكروبات فى بيئة من مستخلص أرض التل الكبير الصودية الملحية منخفض ، وأنه يزداد بإضافة الجبس أو الكبريت وأن الستربتوميسز Streptomyces كانت موجودة بأعداد عالية منذ البداية - قبل إضافة الجبس - وبدأت أعدادها تتناقص بإضافة الجبس أو الكبريت وكذا الميكروبات القادرة على تكوين جراثيم كانت موجودة قبل إضافة الجبس بأعداد صغيرة وانخفضت أعدادها بوضوح بإضافته وكانت الأزوتوباكتر موجودة بأعداد عالية فى هذه الأراضى مما يشير إلى وجود سلالات منها تستطيع أن تقاوم الرقم الهيدروجينى المرتفع (٩,٥) وبإضافة الجبس تزايدت أعداد الأزوتوباكتر كما لوحظت أعداد كبيرة من الكلوستريديوم ولو أنها أقل من الأزوتوباكتر وبدأت أعدادها فى النقصان بإضافة الجبس وكانت أعداد ميكروبات التأزت قليلة وتزايدت بوضوح بإضافة الجبس وكذا تزايدت أعداد الميكروبات المحللة للسيلولوز بإضافة الجبس أو الكبريت .

وأوضحت دراسات دمرجى وجرمان بالعراق أن معدل انحلال المادة العضوية بتقدير ثانى أوكسيد الكربون الناتج عن الانحلال قد تناقص بزيادة تركيز الأملاح فى النظام .

وفى الدراسات التى تجرى للتعرف إلى درجة مقاومة البقوليات للأملاح يعمد أغلب الباحثين إلى إضافة النتروجين وبذلك لم يكن تقدير أثر الملوحة على تكوين العقد البكترية ممكنا وفى دراسة برنستين وأوجاتا Bernstein and Ogata على فول الصويا (صنف لى Lee) والبرسيم الحجازى مع إضافة النترات وبدون أضافتها إلا بمقدار يسير كبادىء يساعد على النمو وفى هذه الحالة الأخيرة حقنت البذور بالبكتريا وأعتمد النبات إلى حد كبير على النتروجين المثبت .

وأتضح من النتائج أن فول الصويا يختلف كل الاختلاف عن البرسيم الحجازى فبينما قاوم تكوين العقد فى البرسيم الحجازي الملوحة إلى حد كبير وكان تأثر المحصول بالملوحة متماثلا فى حالة إضافة النتروجين أو فى حالة عدم إضافته تأثر تكون العقد فى فول الصويا بالأملاح تأثيراً شديداً وإنخفض المحصول النسبي إنخفاضاً واضحاً عندما كان النبات معتمداً على ما يستطيع تثبيته من النتروجين بواسطة البكتريا العقدية ولازال السبب المباشر لتأثر البكتريا العقدية بالأملاح محتاجاً لدراسة .

ولتحت سطح التربة خصائص معينة فهو مظلم، فضوء الشمس لا ينفذ خلال سطح الأرض ويختلف تركيب الهواء الأرضى عن الهواء الجوى فنسبة الأوكسجين بالهواء الأرضى أقل منها فى الهواء الجوى إذ تستهلك أحياء تحت سطح الأرض جزءا من الأوكسجين وتخرج ثانى أوكسيد الكربون ولذا فنسبة ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء الأرضى أعلى كثيراً منها فى الهواء الجوى كما أن إنحلال المواد العضوية الأرضية ينتج غاز ثانى أوكسيد الكربون .

ثانى أوكسيد الكربون والأوكسجين فى الهواء الأرضى
فى أراض مختلفة القوام

العمق بالسم	النسبة المئوية بالحجم					
	أرض رملية		أرض طميه طينية		أرض طينية	
	ك أ٢	أ٢	ك أ٢	أ٢	ك أ٢	أ٢
٣٠	٠,٨	١٩,٩	١	١٩,٨	٠,٧	١٨,٢
٦٠	١,٣	١٩,٤	٣,٢	١٧,٩	٣,٨	١٦,٧
١٢٠	٢,١	١٨,٣	٦,٢	-	٧,٩	١٢,٣
١٥٠	٢,٧	١٧,٩	٧,١	١٥,٣	١٠,٦	٨,٨

المصدر : Soil-Plant Relationship C.A Black

ويتضح من الجدول السابق أن تركيب الهواء الأرضى يختلف حسب العمق كما أنه يختلف حسب قوام الأرض فالأرض الرملية يكون التبادل الغازى فيها أيسر منه فى الأرض الطينية فلا يحدث فى الأخيرة تبادل غازى مع الهواء الجوى فيتجمع فيها ثانى أوكسيد الكربون ويستنفذ منها الأوكسجين بدرجة أعلى منها فى الأرض الرملية .

الغاز	تركيب الهواء الجوى	تركيب الهواء الأرضى
الأوكسجين	٪۲۱	٪۲۰
النتروجين	۸۷,۰۳	۷۸,٦
الأرجون	۰,۹٤	۰,۹
ثاني أوكسيد الكربون	۰,۳	۰,٥

•الهواء الأرضى تحت ظروف تهوية جيدة والهواء الجوى فى منطقة بعيدة عن المدن.

تربة المناطق الممطرة وتربة المناطق الجافة

يكون غطاء أرض المناطق الرطبة طبيعياً للغابات وتتساقط أوراق أشجارها على سطح التربة وتتجمع عليها وتكون سمكا واضحا فوقها وعندما تتحلل هذه الأوراق تتكون طبقة من الدبال فوق سطح الأرض وتختلط بالطبقة السطحية وإذا أدى ذلك إلى تكون تربه عضوية وتكتسب التربة صفات مميزة فلونها أسود فحمى وتزداد نسبة المادة العضوية الأرضية فى التربة بوجه عام .

وهذه الأراضي حامضية نتيجة ما ينتج عن إنحلال المواد العضوية من

أحماض كما أن سقوط الأمطار ورشح الماء خلالها يغسل ما قد تحتويه من كاتيونات متبادلة إلى باطن الأرض وتزداد فرصة تشبع سطوح التربة بالهيدروجين المتبادل .

ويعبر عن هذه الحموضة بأرقام pH وتزداد الحموضة بانخفاض رقم pH عن (٧) وتقل الحموضة (وتزيد بالتالي القاعدية) بارتفاع رقم pH عن (٧) فرقم pH هذه الأراضي قد ينخفض إلى ٤ فهى أراضى واضحة الحموضة .

وتربة المناطق الجافة قليلة النباتات مما يقلل ما ينمو داخلها من جذور ولا تنمو بها الأشجار كغطاء نباتي طبيعي فلا يتساقط غطاء كثيف من الأوراق على سطحها وكل ذلك يؤدى إلى تربة فقيرة فى المادة العضوية . والمسافة من سطح التربة حتى الماء الجوفي الذى قد تستقبله هذه الأراضي نتيجة رشح الماء جوفياً من الأنهار المجاورة وهذه المسافة القصيرة هى التى تحتوى الأحياء سواء جذور النباتات أو غيرها من الكائنات وبالتالي لا يحتوى تحت سطح الأرض أحياء بدرجة كبيرة ويصعد الماء الجوفي بالخاصة الشعرية نحو سطح الأرض ويتبخر تاركا محتواه من الأملاح لتتجمع على سطح الأرض وبالتالي تكتسب التربة صفة الملحية مما يزيد عدم قدرة النباتات وغيرها على النمو فيها .

والأرض المتأثرة بالأملاح تميل إلى التعادل ولو أنها من الممكن أن تميل إلى القاعدية حسب نوع الملح السائد فإذا كان الملح السائد صودياً زاد

تشبع سطح التربة بالصوديوم المتبادل الذى ينحل فى وجود الماء إلى هيدروكسيد صوديوم عالي القلوية .

والأرض الصودية بصفة عامة بيئة لا تشجع النمو الجيد للجذور فيها إذ أنها سيئة التهوية وتعانى النباتات فيها ما يسببه الصوديوم الزائد من أضرار.

أراضي الصحارى

عندما يقل سقوط الأمطار سواء مرات هطولها أو مقدار الماء الذى يسقط فى كل مرة تقل النباتات النامية وقد يصل الأمر إلى تجرد المساحة من النباتات ولا يحدث غسيل للتربة ويزداد الغطاء الرملي الذى ترسبه الرياح على سطح الأرض .

وتحت هذه الظروف تتكون أرض ذات خواص ناتجة من الظروف التى تكونت فيها وأهم أنواع الأراضى فى هذه المناطق الصحراوية هى الأراضى الجيرية والأراضي الرملية .

الأراضي الجيرية

تتميز هذه الأراضى بأنها تنتشر إنتشاراً واسعاً متى توفرت الظروف الآتية :

١- مادة الأصل Parent material السائدة فى المنطقة هى الحجر الجيرى والدولومايت والكالسليت أو على الأقل تكون غنية فى الكلسيوم مثل البازلت .

٢- يكون المناخ السائد بالمنطقة جافاً أغلب السنة فلا تكفى الأمطار لإذابة وتقل كربونات الكلسيوم بالقطاع الأرضي إلى أسفل ولذا تظل كربونات الكلسيوم منتشرة فى القطاع الأرضي .

وتتميز هذه الأراضي بعدد من الخواص تدوَر أساسياً على محتواها من كربونات الكلسيوم ويرى رولان Reullan أن هذه الخواص هى :

- مقدار كربونات الكلسيوم فى صورة حبيبات دقيقة أقل من ١ مم منتشرة فى القطاع كله فلا تستطيع العين المجردة تمييز حبيباتها من حبيبات التربة .
- توجد فى صورة تجمعات تتركز فى مواقع من القطاع الأرضي يفصلها عن بعضها مواقع أخرى وتوجد الكربونات فيها بنسبة منخفضة نوعاً وفى صورة دقيقة الحبيبات مختلطة مع باقي حبيبات التربة .
- قد تأخذ تجمعات الكربونات صورة تشبه الخيوط إذ تملأ الكربونات فجوات التربة الناتجة عن إنحلال جذور النباتات .
- قد توجد فى شكل كتل هشة بيضاء مختلطة بآثار من اللون الأحمر أو الأسود أو فى صورة عقد صلبة لا تتفتت بين الأصابع وتختلف صلابتها حسب درجة رطوبتها فتزداد بالجفاف وتقل بزيادة الرطوبة.

وقد تكون كربونات الكلسيوم مجمعة فى تجمعات متصلة بطول القطاع إما مختلطة بحبيبات التربة أو فى صورة عقد وقد تكون فى هذه الحالة ٦٠٪ من مكونات التربة .

وقد أوضحت بعض الدراسات أن انتشار الماء فى الأراضى الجيرية أسرع منه فى الأراضى المعدنية ذات القوام المماثل لها .

أثر كربونات الكلسيوم على يسر الحديد للنباتات

تشير كثير من الدراسات إلى أن الأراضى الغنية بكربونات الكلسيوم يكثر ظهور أعراض نقص الحديد على النباتات النامية فيها ولكنها لم تظهر فى وجود نسبة عالية من كبريتات الكلسيوم مما يشير إلى أن زيادة الكلسيوم نفسه ليس العامل الأساسي فى ظهور هذه الأعراض .

وقد أوضحت دراسات أخرى أن وجود تركيز ١٢ ملليمكافى من بيكربونات الصوديوم فى اللتر من المحلول المغذى أدى إلى ظهور أعراض اصفرار على نبات Delligrass ولكنه لم يؤدى إلى ظهورها على نبات Rhodes gress ويرى Sears & Peterson أن التفاعلات بين الكربونات والحديد قد يكون عاملاً فى خفض يسر الحديد للنبات لأنها تؤدى إلى أكسدة الحديد إلى حديديك فتحول الحديدوز إلى حديديك يقلل إمتصاص النبات له .

الأرض الجيرية كبيئة لنمو النبات

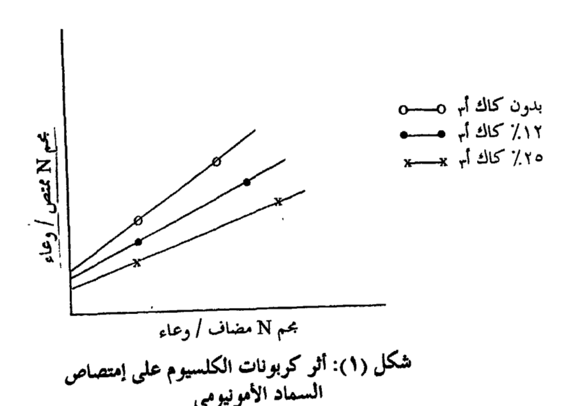
منحنى الرطوبة فى هذه الأراضى يشبه منحنى الرطوبة فى الأراضي الرملية أى أن الأرض تفقد الماء فى المدى الذى يستطيع أن يمتصه النبات مما يستلزم الرى المتقارب للنباتات فى هذه الأراضى .

وتتكون قشرة صلبة علـى سـطح الأراضـي الجيريـة وقـد تـؤدى هـذه القشرة إلى تأخر إنبات البذور وأوضحت بعـض الدراسـات إن للحصـول على نسبة عالية من الإنبات يجب ألا تقل نسبة الرطوبة عن ٠,٣٣ جو أن يكون عمق البذور أقل من ٤سم وقد لوحظ فى استزراع هـذه الأراضـى انهيار بناء التربة عند الرى وتصلبهـا عنـد الجفـاف وانهـدام بتائهـا يسـرع بانجرافها عند الرى وتصلبهـا بالجفـاف يجعـل حرثهـا شـديد الصعوبـة ممـا يستلزم ريها وانتظار جفافها إلى الدرجة المناسبة لحرثها .

ووجود كربونات الكلسيوم وهى مادة لاحمة له دور هام فى تكوين طبقات صلبة غير منفذة تعترض القطاع الأرضي .

والمشكلات الغذائية التى تواجهها النباتات الناميـة بـالأراضي الجيريـة رغم أنها مشكلات مميزة لهـذه الأراضـى فـإن الأسـباب المباشـرة لهـا غـير واضحة وضوحاً كافياً فهى مزيج من زيادة كَرْبونـات الكلسـيوم وزيـادة القلوية مما يؤثر على يسر الفوسفات والحديد والمنجنيز والزنك .

وجدير بالإشارة أن مشكلات تغذية النبات فى هذه الأراضى ليسـت مرتبطة بالنسبة الكلية لكربونات الكلسيوم بالأرض وكذا فقد الأمونيا من الأسمدة الأمونيومية عند إضافتها إلى الأراضى الجيرية مما يؤدى إلى إنخفاض إستجابة الحاصلات النامية بها للتسـميد بهـذه الأسمـدة كمـا هـو موضـح بشكل رقم (١) .



شكل (١): أثر كربونات الكلسيوم على إمتصاص السماد الأمونيومى

المملكة النباتية

يقسم علماء الحياة الأحياء إلى ممالك فالنباتات لها المملكة النباتية التى تنقسم إلى أقسام يقل عدد أفرادها عن الأعداد الكبيرة لأفراد المملكة والحيوانات لها ما يسمى المملكة الحيوانية وهى بدورها ذات أقسام متعددة يحتوى كل قسم منها على مجموعة من الأحياء التى تتشابه فى بعض خصائصها ومن هذه الأقسام الثدييات والزواحف والحشرات وغيرها. إضافة إلى هاتين المملكتين توجد أحياء دقيقة الحجم لا ترى بغير المجهر وهى أيضا تنقسم إلى مجموعات تتشابه أفرادها ففيها مجموعة البكتريا ومجموعة الفطر وغيرها .

إختراع المجهر (الميكروسكوب)

كان اختراع المجهر (الميكروسكوب) بواسطة انتونى لينوفوك Antony Leauwehnfock فى الفترة (١٦٣٢ – ١٧٢٣) بمدينة دلفت بهولندا من الخطوات ذات الأثر العميق فى حياة البشر فى كل مكان فقد فتحت عيونهم على عالم كبير من الكائنات الحية الدقيقة التى لا ترى بالعين المجردة تعيش جنبا إلى جنب مع الإنسان تشاركه طعامه وشرابه بل وتسكن داخل جسمه و لم يكن يعرف عنها شيئا ولو أنه كان يحس بعض آثارها عندما يمرض جسمه ويستخدمها دون أن يعي فى صنع طعامه ومنتجاته مثل الخبز والخمر وبعض منتجات الألبان .

وما أن أمتلك الإنسان هذه الآلة السحرية (المجهر) حتى مضى يوجهها إلى كل ما يعرف وما لا يعرف . وتوالت الدراسات والبحوث وتوالت معها الاكتشافات والانتصارات ومن أهم من إستخدم المجهر لويس باستير الذي كان أستاذاً فى الكيمياء بجامعة ليل Lille بفرنسا وكانت إكتشافات لويس باستير Louis Pasteur (١٨٢٢ – ١٨٩٥) خطوات مضيئة فى تاريخ البشر ورغم ما كان يعانيه هذا الرجل من مرض الشلل الذي لازمه من سن الأربعين حتى توفى فإنه لم يتوقف عن العمل وأعطى البشر ما ينعمون به اليوم من دراسته للخميرة ونظريته فى التخمر اللاكتيكى وطريقة بسترة اللبن ودراسته لمرض دودة الحرير الذي هدد صناعة الحرير فى فرنسا ويذكر لباستير دائماً ثلاثة فتوحات علمية

خالدة كفاحه لإدخال الاحتياطات التى تحد من انتشار الميكروبات ولذا استطاع Joseph فى إنجلترا إدخال التعقيم فى الجراحة .

الحياة تصل إلى الأرض

يحصل النبات على العناصر الضرورية لنموه من الأرض ومن المعروف أن أهم هذه العناصر (بمعنى أن النبات يحتاج إلى مقادير هامة منها) هي البوتاسيوم والفوسفور والنتروجين والعنصران الأولان يوجدان بكميات مناسبة فى الصخور فى صور أملاح كربونات وكبريتات وفوسفات البوتاسيوم والكلسيوم والمغنيسيوم غير أن محتوى الصخور أو التربة الناتجة منها من النتروجين شئ قليل لا يكفى احتياجات النباتات ورغم أن النتروجين يكون نحو ٨٠٪ من الهواء الجوى .

وثار جدل بين العلماء عن مصدر مركبات النتروجين التى يستطيع النبات أن يمتصها ومن أهمها النترات والأمونيوم وأقترح بعضهم أن البرق الذي يحدث فى طبقات الجو هو عبارة عن شرارة كهربائية ذات حرارة عالية تكفى لإتحاد النتروجين الجوى مع الهيدروجين ليكونا الأمونيا التى تذوب فى ماء المطر .

وأمكن فى أواخر القرن التاسع عشر إثبات أنه فى الإمكان أن يوجد بالتربة مقادير صغيرة من النتروجين (من انحلال المواد العضوية) وقد شغل علماء الكيمياء فى أوروبا بموضوع عزل الكائنات الدقيقة التى تحول النتروجين إلى مركبات يمتصها النبات وهي أنواع من البكتريا غيرأن

محاولاتهم لم تكن قاطعة وأخيراً توصل سرجيوش فيتوجرادسكى إلى إثبات أن بعض الميكروبات تأخذ النتروجين من الجو وتحوله إلى مركبات نتروجينية مباشرة إلى حد يثير الدهشة وحاول أن يعزل كائنا يستطيع أن يصنع المركبات النتروجينية الضرورية لحياته ولنمو النباتات وبذا يكون فى إمكان هذا الكائن أيضا أن يعيش فى غيبة هذه المركبات وبعد دراسات مستفيضة أوضح أن الميكروبات الوحيدة التى إحتفظت بالحياة فى وسط غذاني فى غيبة النتروجين كانت ثلاثة أنواع من البكتريا وكان من الصعب تحديد أي هذه الأنواع هو القادر على هذا العمل وعقب ذلك قام فيتوجرادسكى بسلسلة من التجارب الفاشلة إلى أن إستطاع أن يفصل الأنواع الثلاثة بعضها عن بعض .

كما أنه لا يتيسر تثبيت النتروجين الجوى سواء للنبات أو للبكتريا كل على حدة حتى لو كانت البكتريا مستخرجة من العقد مباشرة فالنبات الحي يمد البكتريا بالكربوهيدرات والطاقة على صورة سكر والبكتريا تمتص النتروجين من الهواء وتجعل الحصول عليه ميسوراً للنبات وكلاهما معاً يكونان فريقاً متكاملاً .

وقد ثبت أن النبات البقلى دون وجود البكتريا لا يتميز عن غيره من النباتات فقد غرست بذور النبات البقلى بعد تعقيمها فى تربة معقمة وعندما نبتت البذور أمكن للنبات إمتصاص النتروجين الأرضي ولكنه لم يمتص زيادة فى مقدار النتروجين عما كان بالأرض وبإضافة البكتريا

المكونة للعقد إلى التربة ظهرت عقد البكتريا على جذور النبات سريعا وزاد مقدار النتروجين في التربة .

وأوضحت الدراسات المعملية أنه يوجد نوعان من العقد فنوع مفيد Beneficial rhizobia الذي يكون عقداً كبيرة على منتصف الجذر الوتدي والسلالة غير المفيدة nonbeneficial rhizobia وهى التى تكون عددا من العقد الصغيرة على أطراف المجموع الجذري .

ويختلف حجم وشكل العقد بإختلاف نوع النبات فعقد جذور البرسيم مستديرة أو بيضاوية الشكل والتي على جذور الباسلاء كروية مطاولة وأكبر نسبيا وعادة فى شكل عنقودى وعقد فول الصويا كبيرة نسبياً مستديرة وتلتصق بالجذر بقوة بينما عقد البرسيم الحجازي Alfalfa فطويلة عادة تشبه الأصابع .

وفى دراسة العقد يسجل موقعها على الجذر وكيفية إتصالها به وحجم وشكل العقد على جذر النبات .

وتقطع العقدة بموس لتغطى قطاعاً عريضاً لها ويضاف إلى المقطع صبغة ألـ erythrtion على صفحة زجاجية وتغطى ثم تفحص بالمجهر بالعدسة الكبيرة والعدسة الصغيرة ، وعلى الذي يجرى الاختبار أن يعرف لماذا يجب تعقيم سطح العقدة .

التركيب الداخلى لعقدة على نبات بقولي

نلاحظ الآتي :

- القشرة الخارجية ذات مظهر إسفنجي .
- خيط الاتصال .
- عناقيد الأوعية المتصلة .
- أن النواة مشوهة .
- الخلايا حديثة العدوى فى البكتريا .
- القمة المستنبتة وموقعها وحجمها .

وعزل بكتريا العقدة أمر سهل ما دامت العقد سليمة فأول خطوة هى أزاله الطبقة الخارجية بواسطة التعقيم والغسيل المتوالي ، مع ترك جزء صغير من الجذر ملتصقا بالعقدة وتتخلص بماء جار من أى حبيبات تربة ملتصقة بالعقدة بواسطة فرشة (شعر الجمل) .

وتوضع العقد فى طبق بتري يحتوى على كلوريد الزئبق ١ : ١٠٠٠ لمدة ٣-٦ دقائق ثم تحرك العقد بملقط معقم مع التحريك حتى يتم تنظيف العقدة ثم يضاف ١ سم^{٣} من ماء معقم لكل ٦ أطباق بتري ثم تخرج العقدة من الطبق الأول وتهرس بملقط معقم وتخلط العصارة الناتجة exudate بالماء وبعده حلقات من الماء المعقم لكل طبق بتري وتنقل ٥ أطباق مع الخميرة فى ماء المانيتول Water manitol agar وتحضن فى وضع مقلوب على درجة حرارة الغرفة وتفحص بعد أسبوع .

وقد أوضح إستخدام هذه التقنيات أنواع البكتريا العقدية وصعوبة عزل هذه البكتريا من الأرض مباشرة والذين يدرسون باكتريولوجيا

يعرفون تشابه البكتريا العقدية مع أنواع البكتريا الأخرى مثل Agrobacterium radiobacter A.radiobacter Rhizogenes وهى أنواع موجودة عادة فى العقد البكترية وتسبب الأخيرة إنتفاخاً جذرياً غزير الشعيرات .

وتؤدى البكتريا دوراً حيوياً بالغ الأثر فكل ما على الأرض من حياة نباتية يعود إلى التربة وعوامل انحلال هذه المواد النباتية هى البكتريا إذ أن لها قدرة على أن تحلل أنواعاً لا حصر لها من المواد ومن بينها بعض المواد التى يجد الإنسان صعوبة فى تحليلها فى معامله .

والبكتريا موجودة فى جميع أنحاء الأرض سواء فى المواد الحية أو غير الحية وتنقسم البكتريا * إلى ما يأتى :

١- النوع Species

هو مجموعة تشمل البكتيريات المتشابهة فى كل صفاتها ويقوم الباحث بتحديد الاختلافات التى قد تميز بين نوعين مختلفين وعرف Hitchcock النوع النباتي بأنه الوحدة التقسيميه التى تتكون من مجموعة من النباتات المتشابهة وحيث أن النوع هو إعتبار تقسيمي فإنه من الصعب تعريفه وتحديده ويرى كثير من العلماء بأن الصفات التى يمكن تقسيم النوع على أساسها يجب أن تكون صفات ثابتة وغير متغيرة .

* أ.د. مصطفى كمال أبو الدهب (البكتيريا) ، دار المعارف ، ١٩٦٥

٢- الجنس Genus

وهى مجموعة تشمل الأنواع التى تتميز بصفات ثابتة وغير متغيرة وأن توجد علاقة بين هذه الصفات بمعنى أن تجميع عدة أنواع تحت جنس واحد يجب أن يتم طبقاً للتشابه فى الصفات الطبيعية الثابتة التى ترجع إلى تطابق التركيب الوراثي للأنواع .

٣- العائلة Family

مجموعة من الأجناس المتشابهة أو المتقاربة ويشتق أسم العائلة من أسم الجنس الممثل لها مع إضافة مقطع Bacillacea accae .

٤- الرتبة

مجموعة من العائلات المتشابهة أو المتقاربة ويشتق أسمها من أسم العائلة الممثلة لها مع استبدال المقطع accae بالمقطع ales .

وإذا كانت النترات موجودة فى التربة أو (التربة المسمدة بالنتروجين) فإن البكتريا تدخل جذور النبات البقلى غير أنها لا تكون عقداً كما أن البكتريا تفرز مواد كيميائية تؤثر فى خلايا الجذر وتجعلها تتشبع وتكون أنتفاخات عقدية ويبدو أن النبات البقلى بدوره يفرز المواد الكيماوية التى تبعد كل أنواع البكتريا عدا النوع المرغوب فيه .

وللبكتريا كثير من الأعداء وأشدها ضرراً هو الـ Phage أو الملتهم ، والملتهمات Phages كائنات غريبة توجد بأعداد كبيرة ولا يزيد حجمها

عن الجزيء العادي إلا قليلاً ويمكن رؤيتها بالميكروسكوب الإلكتروني إلا أن الباحثين باستخدام هذا الميكرسكوب لا يذكرون عنها إلا القليل .

والتسمية الأحدث لهذا الـ Phage هى الفيروس Virus ويبلغ قطر الفيروس الواحد جزءاً من ٢,٥ مليون بوصة وهى ذات رأس مستدير يتكون من حمض النوكليك و لم يكتشف به أية نواة ويحيط بها غشاء رقيق جداً وللكثير منها ذنب يتكون من مادة بروتينية .

ويعمل ذيل الفيروس كما لو كان أبرة محقن يمر فيها حامض النيوكليك Nauclleic من الفيروس إلى الخلية البكتيرية ويظل هو خارجها تاركا غلافه فارغاً وبعد أن تبتلع البكتريا الفيروس سرعان ما يمتلئ داخلها بمئات منه مئات الفيروسات لتعيد دورة حياتها وإذا لم توجد بكتريا جديدة فى المنطقة نفسها فإن الملتهمات تستطيع البقاء داخل غلافها مدة تكاد تكون غير محدودة.

وتوجد أنواع من البكتريا يتوقف عليها وجود الحياة على الأرض تعيش فى جذور النباتات البقلية (البرسيم والفول والفاصوليا ...) وهى البكتريا الأساسية فى تثبيت النتروجين الجوى فيتكون منه مقدار يصل إلى ٢٠٠ رطل/فدان سنوياً وعمل هذه الأنواع من البكتريا ضروري بالنتروجين وهو أصعب العناصر من حيث قدرة الكائنات الحية على الحصول عليه بالرغم من أن الهواء الجوى فوق كل فدان من الأرض يحتوى أكثر من ٣٦ ألف طن من النتروجين غير أنه لا يتحد ليكون مركبات يمكن للنبات إمتصاصها عن طريق الجذور .

ويتواجد على جذور بعض الحاصلات البقلية عقد لم يعرف سببها إلا حديثاً نسبياً عندما قام بوسنجوت Bousingout بدراسات وتجارب أثبت منها أن زراعة البرسيم تكسب الأرض المزيد من النتروجين بينما لا تحدث في زراعة القمح ذلك وقد أوضح أن النباتات البقلية كالبرسيم تستطيع بطريقة ما أن تحصل على النتروجين من الجو ولكن لم يستطيع أحد توضيح كيف تقوم نباتات البرسيم بهذا العمل .

وتقوم البكتريا الحرة بتثبيت النتروجين وهى :

١- **الأزوتوباكتر azotabacter** وهى هوائية تنتشر فى كثير من الأراضي ماعدا الأراضي الحامضية فى المناطق الاستوائية .

٢- **الكلوستريديوم Chlostridiam** أكثر انتشار من الأزوتوباكتر وأغلب وجودها فى حالة تجرثومية أما الحالة الحضرية فتكون عادة فى ظروف غير هوائية بعد سقوط الأمطار .

وقدرة هذه البكتريا على تثبيت النتروجين تحت الظروف الطبيعية محدودة لحاجتها إلى مصدر للطاقة .

والتثبيت بواسطة بكتريا العقد الجذرية فى البقول (البكتريا التكافلية) وأهم الأجناس التى تعيش بطريقة تكافلية ـ تبادل نفعى ـ مع جذور البقول هى Rhizobium ولهذا النوع من النشاط التكافلى أهمية إقتصادية كبيرة وذلك لإنتشار النباتات البقولية فضلاً عن قيمتها الإقتصادية .

وأوضح بعض الباحثين أنه يوجد بجـذور بعـض النباتـات غـير البقليـة أنواع من البكتريا لم يتم تعريفها بعد تستطيع أن تقـوم بتثبيـت النـتروجين الجوى وأن هذه النباتات واسعة الانتشار فى مناطق مختلفة من الأرض .

وإتضـح مـن دراسـات Fogg أن أنواعـاً مختلفـة مـن الطحـالب algi الزرقاء أو الزرقاء المخضرة تثبت النتروجين الجوى وتوجد هذه الطحـالب فى جميع البيئات التى يتوفر فيها ضوء الشمس وتتميز بأنهـا ذاتيـة التغذيـة autotrophic ولذا تستطيع أن تصنع جميـع إحتياجاتهـا الحيويـة مـن ثـانى أوكسيد الكربون والنتروجين المنفـرد والمـاء والأمـلاح المعدنيـة كمـا أنهـا ذات علاقة تكافلية Symbiotic مع نوع آخـر مـن الكائنـات الدقيقـة ثـم Lichen fungi وأوضح أن قدرة هـذه الكائنـات علـى تثبيـت النـتروجين الجوى تكون فى ضوء الشمس ولذا فنشـاطها غالبـا فـى طبقـات القشـرة السطحية من التربة .

الباب الثانى



◊ أحياء التربة

البكتيريا – الفطر – النمل – النماتودا – ديدان الأرض

◊ أحياء تحت سطح الأرض

أحيـــاء التربـة

تحتوى قبضة من التربة عدداً من الأحياء بدء من الأحيـاء الأصغـر مـن الميكروبـات مثـل الفيروســات إلى البكتريـا والاكتينومايســيتس والفطـر والالجـى والـبروتوزوا وديــدان الأرض والنمــل وغيرهــا مــن الحشــرات والحيوانات .

وتحتوى قبضة التربة هذه مجموعات ضخمة مـن الأحيـاء وأنواعـاً مـن الحياة الأرضيـة التـى تتكـاثر بسـرعة فائقـة فـى الظـروف الملائمـة ويبطـئ النشاط الحيوى لأحياء التربة فى التربة الباردة بينمـا تكـون التربـة الرطبـة والدافئة والمهواة بالدرجـة الملائمـة ظروفـاً ملائمـة والواقـع أن المجموعـات الكبيرة النشطة من ديدان الأرض تـدل علـى غنـى التربـة وكـذا عـدد مـن أحياء التربة وفى نفس الوقت فإنها تتكاثر بـالملايين فـى الأسـبوع الواحـد رغم أنها لا ترى وكلما زاد عـدد الكائنـات الدقيقـة وزاد نشـاطها كلمـا زادت خصوبة الأرض التى يتوقف تحسنها أو تلفها على ظروف الحياة بها وعلى إمدادها هذه الأحيـاء بالمغذيـات ولهـذه الحقيقـة أهميـة خاصـة فـى الإدارة العلمية للتربة.

وتعتبر البكتريـا والفطريـات والطيـور وجميـع الأحيـاء الأخـرى جـزءاً دائماً من البيئة خلال تكون الأرض وتساعد ديدان الأرض والنمل بشــكل دائم على تحول الصخور إلى تربة .

ومن أحياء التربة يوجد أحياء تحلل المواد العضوية وتحول النتروجين وتنتج المضادات الحيوية وأحياء أخرى تؤثر على ظروف نمو النبات، والبكتريا هى أصغر الأحياء التى تعيش مستقلة فى التربة وأكثرها عدداً ويبلغ حجم عشرة آلف منها ١سم٣ وبالرغم من حجمها الدقيق فإن وزنها فى المتر السطحى من هكتار من الأرض قد يزن ٣,٧ ألف كجم أو نحو ٠,٠٣٪ من وزن الأرض وتحتوى الأرض الفقيرة والأرض الرملية قليلاً من البكتريا .

وللبكتريا بروتوبلازم جيلاتينى مغطى بجدار الخلية ويعتمد أغلبها على الفضلات وتستخلص منها ما تحتاجه من كربون وطاقة من المواد العضوية وتعرف بأنها مترممة Heterotrophic والبكتريا التى لا تتطلب مواد عضوية معقدة يطلق عليها autorophic وبعضها ذو بقع صبغية وبذا تتمكن من إستخدام ضوء الشمس وتستخدمه للحصول على حاجتها من الطاقة وتقوم بأكسدة مواد غير عضوية وتعتمد على ثانى أوكسيد كربون الهواء الجوى ويوجد من هذه المجموعة بكتريا تستطيع أن تؤكسد أول أوكسيد الكربون إلى ثانى أوكسيد الكربون وتؤكسد الكبريت إلى كبريتات والنتروجين إلى أوكسيد النتروز والأخير إلى حامض نتريك أو إلى مركبات نتروجينية عضوية مثل البروتين النباتى والحيوانى، ولا يستطيع أن يستخدم نتروجين الهواء الجوى غير عدد محدود من الميكروبات ومن بكتريا التربة التى تستخدم النتروجين الجوى بالاشتراك مع النباتات البقلية، ومقدار النتروجين الذى يثبت فى النباتات البقلية يقدر بنحو ٢٥-٧٥ كجم نتروجين فى الهكتار / سنة .

كما يوجد بالتربة أيضاً أنواع من البكتريا الحرة أو غير المتعاونة nonsymbiotic مثل الازوتوباكتر التى يمكنها استخدام النتروجين الجوى وإليها يرجع زيادة محتوى التربة من النتروجين .

ولا تتوزع بكتريا التربة توزيعاً منتظماً فى الأرض وهى تتواجد عادة فى مجموعات أو كتل من عدة آلاف من الخلايا .

والاكتينومايسيتس actinomay cetes مجموعة من كائنات دقيقة ميكروسكوبية لها أهمية فى انحلال البقايا العضوية ولو أن الخلية الواحدة منها لها نفس حجم بكتريا التربة إلا أن لها شكلاً مطاولاً خيطى الأفرع ولذا يطلق عليها فى بعض الأحيان الفطر ذو الشعب .

وتبلغ أعداد الاكتينومايسيتس فى أى أرض نحو ١/١٠ - ١/٥ عدد البكتريا ولو أنها تشكل نسبة أكبر من جملة أعداد ميكروبات الأرض ذات نسبة الرطوبة المنخفضة والمواد العضوية التى وصلت إلى المراحل النهائية من الإنحلال بالمقارنة بالأرض الرطبة أو الفضلات سريعة الإنحلال وهى كمجموعة ذات أهمية فى تحويل المواد العضوية إلى دبال وينتج أحد أنواعها عفن البطاطس وتنتج أنواع أخرى المضادات الحيوية ذات الأهمية الكبيرة كدواء للإنسان وكوسيلة للسيطرة على أمراض النبات .

وتحتوى التربة على أنواع كثيرة من الفطريات ومن الناحية العددية يقل عدد الفطريات فى الأرض عن البكتريا أو الاكتينومايسيتس والأنواع غير المتطفلة منها تهاجم مواد مختلفة فى التربة منها المواد النباتية المعقدة

مثل السليلوز واللجنين وتبدأ الفطريات تحليل المواد العضوية لأنها تنمو سريعا بمجرد أن تصل اليها وبعض الفطريات ميكروسكوبى الحجم مثل العفن وبعضها الآخر ذو حجم كبير معقد التركيب مثل عيش الغراب (المشروم) .

والبكتريا والاكينوماستيس والفطر ضرورية لإنحلال الفضلات النباتية والحيوانية ويوجد فى الغلاف الجوى فوق سطح الأرض نحو ٥٠ طن من ثانى أوكسيد الكربون وتقوم أحياء التربة فى هكتار من الأرض بإعادة مثل هذا القدر من ثانى أوكسيد الكربون إلى الغلاف الجوى سنوياً .

وتساهم الأحياء الدقيقة فى دورة النتروجين فى الطبيعة فالنتروجين المخزون فى الأرض كله فى صورة نتروجين عضوى والكائنات الأرضية الدقيقة تطلق النتروجين العضوى بإنتاج الأمونيا التى تنطلق إلى الغلاف الجوى فى ظروف معينة أو تتأكسد إلى نتريت أو نترات بواسطة مجموعة متخصصة من البكتريا .

والبروتوزوا شكل آخر من كائنات التربة التى تعيش على البكتريا وهى أكثر تعقيدا من البكتريا ولكن عددها فى الأرض أقل منها .

والنماتودا مجموعة من الديدان غير المقسمة التى تتواجد بالتربة وأغلبها ميكروسكوبي الحجم ولو أن بعضها قد يبلغ طوله بضع سنتيمترات أو يصل إلى عدة أمتار.

والأنواع الهامة من النماتودا من الناحية الزراعية هى التى تتطفل على

جذور النباتات ووزن جميع النماتودا فى هكتـار بعمـق ١ م قـد يصـل إلى ١٨٥ كجم .

والديدان الأرضية معروفه لدى الكثيرين وتنتشـر هـذه الكائنـات فـى الأراضى ذات الصرف الجيد والمحتوية على مواد عضوية وكلسيوم ميسـور ويبلغ عدد ديدان الأرض فى هكتار من الأرض عـدة ملايين وهـى ذات أهمية إذ تساهم فى مزج الطبقة السطحية من التربـة والمـادة العضويـة مـن تحت التربة ويمكنها أن تنقل إلى السطح فى هكتار واحد نحو ٥٠ طن مـن طبقة تحت التربة فى العام الواحد وتعتـبر ديـدان الأرض دالـة علـى جـودة الأرض وخصوبتها وتساهم دودة الأرض فى بنـاء التربـة فـالدودة تتغـذى على التربة والمادة العضوية وتخرج الفضلات مع كربونـات الكلسـيوم فـى شكل حبوب وتخرج بعض الأنواع فضلاتها فى الأرض وأخـرى تخرجهـا على السطح فقط .

الفـطـــر

الفطر أكثر الكائنات الدقيقة بالتربة إنتشاراً وعليـه يقـع عـبء تحليـل مقادير كبيرة مـن الأخشـاب الميتـة وأوراق الأشـجار التـى تتسـاقط علـى سطح الأرض سنوياً ونسبة كبيرة من الدبـال فـى التربـة مـن عمـل الفطـر ويتكون قسم هام من المواد العضوية بـالأرض مـن أجسـام الفطـر المتعفنـة كما تنمو خيوط الفطر خلال التربة بمقادير كبيرة تثبت حبيبات التربة فـى مواقعها .

لم يكن الفطر معتبراً من كائنات التربة المقيمة فيها إقامة دائمة ويقوم فيها بنشاط بالغ الأثر وكان وجوده فى الأرض يعزى إلى انتقال جراثيمه إليها عن طريق المصادفة حتى نشر واكسمان (جامعة روتجرز) رأيه بأن الأرض تعج بالحياة لكثرة ما بها من فطر مختلف الأنواع . فأجرى سلسلة من التجارب التى بينت أن فئات الفطر التى حصل عليها من العينات المأخوذة من الأرض كانت تنمو نمواً نشطاً فيها وأنها ليست مجرد جراثيم خاملة ثم أثبت وجود مجموعة نباتية خاصة (فلورا) من فطر التربة كما أن الأنواع نفسها تتكرر عادة فى مختلف أنواع التربة المتماثلة فى شتى بقاع الأرض .

والمعروفُ اليوم أنه توجد أنواع متخصصة من الفطر تقوم بنشاط فعال فى حياة التربة فى تتابع منتظم فقد يبادر فطر بمهاجمة جذر مات حديثاً وبذلك يمهد لمجموعات كبيرة من أنواع الفطر الأخرى التى ينحصر مجال نشاط كل منها فى مادة من المواد التى يتكون منها الجذر ولو تابعنا ما يحدث فى كوم من الأوراق المتحللة وإذا أضيفت جراثيم عيش الغراب إلى كوم حديث من أوراق الأشجار المحفوظة لإعداد السماد لما نبت منها فطر وتفسير ذلك أن عيش الغراب العادي يحلل مادة اللجنين (هى المادة التى تسبب صلابة الخشب) وتأتى فى ختام سلسلة طويلة من أنواع الفطر المتخصصة ولابد لها أن تنتظر حتى يحل دورها .

ويعيش معظم أنواع الفطر على المواد العضوية الأرضية ولما كانت

هذه المواد موجودة بمقدار أكبر على سطح التربة فإن الفطر يزداد فى الطبقة السطحية ويقل عدده تحت سطح الأرض .

ويبدو أن الفطر لم يغير طريقة حياته منذ سكن الأرض والفطر المسمى بالفطر اللزج إحتفظ لنفسه بطريقة غريبة لحياته مما جعل الباحثين يشككون فى أنه فطر حقيقي . ويقف هذا الفطر على الحد الفاصل بين المملكتين الحيوانية والنباتية فعلماء الحيوان يعتبرونه حيواناً وعلى الجانب الآخر يعتبره علماء النبات نباتاً ويطلق علماء الحيوان عليه إسم حيوانات فطرية mycetozoes ويسميه علماء النبات الفطر المخاطي* myxmycetes.

ويوجد الفطر المخاطي فى كل موضع بالغابة وعرف منه حتى الآن نحو ٥٠٠ نوع يختلف بعضها عن بعض وتبدو مشابهة بالحيوانات الهلامية البيضاء ولو أنها قد تتلون بألوان أخرى وحجم هذا الفطر ضئيل لا يتجاوز ١-٢ بوصة وهو كتلة صلبة أو قطع بروتوبلازمية عادية بلا خلايا ولا تركيب خاص ولا أنسجة بل مجرد مادة حية متحركة فحركة الفطر المخاطي شبيهة بالحيوانات وحيدة الخلية وقد يغامر بالخروج من التربة ويهاجر زاحفاً بسرعة القواقع إلى المواقع المكشوفة على الصخور أو الأخشاب ولا يلبث أن تتحول الكتل اللزجة إلى باقات من الزهور وكور منتفخة وفناجيل ملونة وعيش الغراب وبذا قد أصبح الحيوان نباتاً جميلاً .

* يذكر Peter Farb أن هذا الفطر قد يكون (مخاط الأرض) الذى جاء ذكره فى سفر التكوين بالتوراة أو المادة الأصلية التى تبعث فى الخيال صورة الطين اللبن الذى خلقت منه مملكة الأحياء .

ولم يتعرف الباحثون على مخ للفطر اللزج وهو خلايا عصبية غير أن حركته مضبوطة حينما يهاجر بإختيار منطقة جافة إلى أخرى رطبة وليس له أعضاء تناسلية غير أنه يتكاثر جنسياً بإندماج خليتين وجسمه فى بعض الأوقات عارٍ بلا غطاء .

يطلق الفطر جراثيم تكاثره فتحملها الرياح والمياه حتى تستقر وتأخذ فى النمو والفطر عاجز عن القيام بعملية التمثيل الضوئي - العملية التى تصنع النباتات فيها الغذاء من الكلوروفيل والماء وأشعة الشمس - وذلك لخلو الفطر من الكلوروفيل فيأخذ فوراً فى مد زوائده باحثاً عن طعام فيعثر عليه فى صورة شريك من الطحالب الخضراء أو الخضراء المزرقة وهى التى تقومُ بعملية التمثيل الضوئي وتصنيع الطعام الذي يحتاجه الفطر.

وعندما يعلو الفطر على الطحالب تمتد منه خيوط تثبت الشركة تثبيتاً لا أنفصام له ويعيش الشريكان بعد ذلك كأنهما فرداً واحداً والأغلبية من الفطر تعجز عن الوصول إلى الشريك الصالح لها فتذبل وتموت .

ويخفف هذه المشكلة إحتمال تلاقى الفطر مع الطحلب - إن بعض أنواع الطحالب tobouxia وهى أكثر أنواع الطحالب مشاركة للفطر تنتشر انتشاراً واسعاً على أسطح الصخور .

والشريك الفطري هو الذي يقرر نمو النبات وإتجاه إنتشاره وهو الذي يقوم بمهمة تفتيت الصخرة وإمتصاص الماء أما الشريك الطحلبي فليس له سوى عمل واحد فهو يأخذ المواد الخام التى جمعها له الفطر ويحولها إلى

طعام، فالطحلب وحده هو الذي يستطيع أن يستخدم طاقة الشمس فى بناء مجموعة معقدة من المركبات .

وقد يبلغ الفطر فى الطبقة السطحية ٩٠٪ من جملة الفطر الموجودة بالتربة فى حين لا يوجد فى طبقة تحت السطح إلا بعض خيوط قليلة وينقص عدد الأنواع أيضاً نقصاً سريعاً كلما تعمقنا فى التربة وقد سجل سيرجون رسل بإنجلترا وجود ثلاثين نوعا من الفطر فى البوصة العليا من التربة نقصت إلى ١٩ نوعاً على عمق ٦ بوصات ثم إلى ١١ نوعاً على عمق قدم واحد .

وأكثر ما يلفت نظر السائر فى الغابات من الفطر هو الجزء الخضري من عيش الغراب والفطر لا يحتاج إلى أوراق تقوم بالتمثيل الضوئي ولذلك فهو من النباتات العجيبة فى بساطتها وقدرتها ويمكن مشاهدة سرعة نمو الفطر بكشط شيء منه فى محلول من العناصر المغذية وسرعان ما ترسل النقطة الدقيقة منه أصابع طويلة يتفرع منها أصابع أخرى وتكون هذه الخلية فرعاً جديداً كل نصف ساعة وينمو هذا الفرع بدوره نمواً بنفس السرعة ويتفرع فى فترة زمنية مماثلة وهكذا... وكل خيط فى كل فرع قد يمتد بسرعة ١ /١٠٠ من البوصة فى الساعة ويفسر ذلك ما تشاهده بعد يوم أو يومين من أن الطبق بأكمله قد أصبح مغطى بأميال من المسيليوم (الخيوط) ويشبه المسيليوم مجموعة من الخيوط المتشابكة ويتكون الخيط الواحد من خلايا دقيقة بسيطة التركيب والخلية بها جدار

من مادة السليلوز كما فى معظم النباتات الأخرى، وبداخله بروتوبلازم ونواة وتتراوح خلية الفطر الواحد بين ١/٢٥٠٠ ، ١/١٠ بوصة وكل خلية فى مسيليوم الفطر تعتبر وحدة فرعية قائمة بذاتها فى مؤسسة عامة كبيرة فهي تقوم بالعمليات الكيميائية الخاصة بالتغذية واخراج الفضلات وتنتج عشرات الأنواع من الأحماض والإنزيمات التى تهضم الطعام مقدماً قبل أن تبتلعه الخلايا ويحتويه البروتوبلازم وينبت المسيليوم مواد كيميائية على الخشب الصلب أما الأوراق فتحللها تحليلاً كيميائياً إلى مواد أبسط تركيباً ثم يقوم المسيليوم بإمتصاصها ثم الإستفادة منها فوراً فى بناء خلايا فطرية جديدة تقوم بدورها بإفراز عصارات تذيب مقداراً آخر من الخشب وهكذا ...

وتختلف البكتريا وهى الميكروب الأقدر فى تعفن المواد العضوية عن الفطر فى أنها لا تستبقى لنفسها إلا مقداراً لا تزيد عن ١٪ من المواد التى تجهزها .

والميكورهيزا * هى إتحاد فطريات معينة مع جذور النبات وقد أوضحها أولاً فرانك (١٨٨٠) وقد إتضح وجود نوعين من الميكورهيزا وهما ميكروهيزا خارجية وميكورهيزا داخلية .

وفى أوائل القرن العشرين ركزت الدراسات على الميكورهيزا

* د. عصام قريش ، (رسالة ماجستير) ، كلية الزراعة ، جامعة الإسكندرية .

الخارجية بينما أهملت الميكورهيزا الداخلية رغم أن أهم النباتات الإقتصادية تكون إتحاداً مع الميكورهيزا وذلك لأنه فى حالة الميكورهيزا الداخلية لا توجد مظاهر للتغير فى الجذور حتى فى حالة شدة العدوى .

وفى أواخر ١٩٦٠ أوضحت دراسات Moss أن الميكورهيزا أدت إلى نشاط نمو النبات خصوصاً فى الأراضى الفقيرة فى الفوسفور الميسور ومنذ هذا الوقت نشطت الدراسات عن دور الميكورهيزا فى الزراعة ونشرت عدة مراجعات عما تم من تقدم فى نشاط اتحاد الفطريات والنباتات ومنها دراسات لويس (١٩٧٥) وتكسر ١٩٧٥ وهايمان (١٩٧٨) وغيرهم .

وأوضحت دراسات Koch & Moss (١٩٦٣) أن المسيليوم الخارجي من Vesicles my corhyza يتكون من شبكة تحمل الأجسام المثمرة من الندوب Vesicles الخارجية وهى جراثيم كروية أو بيضاوية تتكون من جرثومة واحدة أو مجموعة جراثيم وتكون عادة فى مجموعات عند طرف أفرع الهيفات أو وحيدة على أحد الأفرع القصيرة وتختلف حجوم الجراثيم من ٢٠ إلى ٢٥٠ ميكرون فى القطر وهى ذات نويات متعددة تمتلىء بقطرات من الزيت عند نضجها ويختلف نوع الجراثيم وطريقة إمتلائها بالزيت من نوع إلى آخر ويستخدم ذلك فى تقسيمها .

وتوجد الميكورهيزا الخارجية فى الهيفات غير المتخصصة والهيفات الأساسية ذات قطر ٧-١٠ ميكرون ويتصل الفطر المنتج بطوره الداخلى

والهيفات ذات الجدر الرقيقة قطر ٢-٧ ميكرون تكون أفرعاً جانبية مؤقتة ولو أنها قصيرة الحياة فإنها تكون طريقة إضافية لإختراق جذور النبات وتنمو الهيفات الأساسية والهيفات المتفرعة على سطح الجذر وتخترق الجذر عن طريق إنتفاخات على سطح الجذور والشعيرات الجذرية وقد يتم إختراق الجذر فى مساحة ١ أو ٢١ مم فى الإصابات الشديدة .

وتنتشر الهيفات الداخلية بين الخلايا بإختراق قشرة الجذر مكونة ندوب Vesicles أو arbuscules فى نقاط محددة .

وتوجد بعض الظواهر التى تشير إلى أن أنواعاً من الميكورهيزا الداخلية تفضل الاتحاد بأنواع معينة من النباتات وقد أوضح Fox & spassof (1972) وجود مقادير كبيرة من جراثيم من Endogina gigantea متحدة بجذور الذرة والراى أكثر مما وجد فى فول الصويا صنف Lee ووجد Tolle (1938) ميكورهيزا على سطوح معقمة من جذور نبات الشوفان oats والشعير وأنها تتبادل الإصابة ولكنها لا تصيب القمح أو الراى .

والميكورهيزا الداخلية ذات مسيليوم رفيع قد تفضل الإتحاد بحشيشة Tuscat فى مرتفعات نيوزيلندا ولكنها يمكن أن تعيش أيضاً مع المسيليوم الأكثر خشونة من الميكورهيزا الداخلية فى نفس الجذر .

وقد تحتوى الأرض فى الحقول المتجاورة جراثيم مختلفة الأنواع ولو أن ذلك غير مرتبط بالعائل (هايمان (١٩٧٥) ولو أن Fruckelman (1975) على الجانب الآخر قد أوضح بتجارب الحقل وجود مجموعة من

الجراثيم المختلفة فقد أوضح (1962) Moss بمجموعة مختلفة من أنواع جراثيم Endogena فى اتحاد ميكيورهيزا مع التفاح ، البرسيم والخيار والبصل والباسلاء والفراولة والطماطم وقد أصاب هذا النوع أيضاً فول الصويا والموالح والذرة وتتزايد الشواهد على أن الميكورهيزا الداخلية يمكن أن تختلف فى قدرتها على تحسين نمو النبات .

الفوسفور والميكورهيزا

والموضوع ذو الأهمية حالياً هو الإهتمام بدور الميكورهيزا فى تحسين التغذية بالفوسفور بالنسبة للعائل فالنباتات قد تحمل بذور ميكورهيزا التى لا توجد فى أراض طبيعية أو مزروعة وتتميز غالبا بوجود قليل من الفوسفور فى أراضٍ ذات محتوى منخفض من الفوسفور الميسور أقل من نباتات تحتوى ميكورهيزا .

وأوضح (1976) Alexander أن وجود الميكورهيزا يكون غزيراً بصفة خاصة فى الأرض الفقيرة فى الفوسفور والنيتروجين وغنية فى العناصر المغذية الأخرى ويرتبط ذلك بنمو الميكورهيزا وأن إنتاج هذه الأرض ذو قوة واضحة عندما تكون فى الجذور إحتياطيات كبيرة من الكربوهيدرات وخاصة بعد التمثيل الكلوروفيلى وقد يكون ذلك دليلاً على قدرة العائل على مد الطفيل بالكربوهيدرات الضرورية لنموه أو أنه لا يمكن إستبعاد إمداد العائل للطفيل بالأحماض الأمينية وفيتامين B وعوامل النمو الأخرى .

ويمكن لهيفات الميكورهيزا أن تمتد متجاوزة منطقة التربة التى أستنفذت فوسفورها المحيطة بسطح الجذر لتستنفذ الفوسفور من منطقة أخرى من الأرض وأوضح هايمان أن هذه الآلية الفيزيائية تفقد أهميتها إذا أضيف فوسفور سمادى إلى التربة بما يؤدى إلى أن إستنفاد الفوسفور يحدث عندما يكون التأثير الغذائى للميكورهيزا غير هام .

وعلى أى حال إذا كانت التربة تثبت الفوسفور (مثلما يحدث فى أراضي اللاترايت الحديدية فى المناطق الأستوائية) فقد يستجيب النبات إلى الحقن بالميكورهيزا حتى بعد إضافة السماد الفوسفورى .

والكائنات التى تعيش فى التربة كثيرة وتتراوح المخلوقات الأرضية بها ما بين الدقيقة التى لا تظهر حتى تحت المجهر والكبيرة فالدودة الأرضية وهى من أكبر الحيوانات اللافقارية حجماً ويبلغ حجمها نحو مليون ضعف حجم أصغر الأنواع التى يمكن تبينها بالعين المجردة كبعض العنكبونيات متناهية الصغر mites .

نمو وموت الخلايا

بالرغم من أن العديد من التغيرات تحدث خلال نمو البكتريا تحت الظروف الملائمة يبدو أن التطور الخلوي والتكاثر يحدث بإنتظام تام فى حالة رتيبة منتظمة والواقع أنه يمكن أن نلاحظ التطور فى النمو وبدرجات دقة معقولة أن معدل التغير يمكن أن يقدر أيضاً ويبدو على أية حال أنه لكى ندرس دورة البكتريا أو لنقدر أثر الظروف الفيزيائية

والكيميائية على الخلايا البكتيرية يجب أن يؤخذ فى الإعتبـار بعـض طـرق تقدير التغيرات فى النمو والبكتريا شديدة الصغر حتى أنه تمكن القـول أنـه من المستحيل دراسة نشاط الواحـدة مـن الخلية البكتيريـة منفـردة ولـو أن ذلك قد حدث وفى أغلب الحالات تتم دراسة البكتريا فى مجموعات .

ويمكن عد البكتريا بطريقة تقدر إما العدد الكلى للخلايا الحيـة والميتـة أو عدد الخلايا الحية فقط .

والطريقة الأولى يطلق عليها العدد الكلى بينما يطلق على الثانية العـدد الحى وإختيـار أى الطريقتـين يتوقـف علـى المعلومـات المطلـوب تحقيقهـا ويتضح إستخدام كلا الطريقتين عند دراسة مينابولزم البكتريـا أو حسـاب الاطوار النامية فى بيئة بكتيرية .

دور البيئة البكتيرية

عندما تحقن بكتريا معينة فـى بيئـة مغذيـة تحـت ظـروف ملائمـة فـإن النمو البكتيرى الناشئ سوف يتبع نظاماً محدداً وكقاعدة عامة يـلزم بعـض الوقت القصير قبل بدء إنقسام الخلايا خصوصاً الأقدم غير أنه بمجرد مرور فترة تنقسم الخلايا ببطء حتى يتوقف النمـو ويظـل العـدد ثابتـاً ثـم يـزداد الإنقسام حتى يصل إلى نهاية عظمى وعندئذ يظل ثابتاً ويبدأ فى النقصـان البطيء حتى تموت جميعها ويرى بوكانـان أن حيـاة أطـوار البكتريـا أكثـر تعقيداً وقسم المنحنى الذى يمثلها إلى ٤ أطوار بل إلى ٧ أطوار .

طور التكيف والشباب الفسيولوجى

والتعبير " الشباب الفسيولوجى " يطلق على الفترة القصيرة نسبياً من دورة المجموعة عند تكون الخلايا فى طور الإبطاء أو فى أول وآخر عمر البيئة الثانوى "B" التى صنعت خلال الطور المبكر لدورة المجموعة أما البيئة الثالثة "C" التى صنعت خلال طور البطء (الطور بعد التكيف) .

وأقترح بوكاثان الفصل بين الطور الثابت الأول وطور البطء ولو أن التقسيم بين الطورين لا يوافق عليه عدد من الباحثين ودرست ظاهرة التكيف البكتيرى دراسة مكثفة وأقترحت عدة نظريات لتفسير هذه الفترة فى أول منحنى النمو منها نظرية الإخراج الخلوى ونظرية مكونات الخلية المتوسطة ونظرية الإختبار الخلوى المبنية على أساس أن أى مصل inoculum يتكون من خلايا ذات قدرات مختلفة للنمو وبذا فخلال طور البطء فإن الخلايا ذات النمو السريع يمكن أن تسود وتحدث ظاهرة التكاثر فهذه الخلايا ذات قدرة على التكاثر السريع .

والتغيرات فى مقاومة الخلايا للعوامل الملائمة خلال طور الشباب الفسيولوجى أحد الخواص الهامة لطور الخلايا فى شبابها الفسيولوجى وهو إنخفاض مقاومتها لعوامل فيزيائية وكيميائية .

العوامل المؤثرة على النمو

١- صفة البكتريوم يمتص البكتريا ويبدو أنه ينمو بسرعة أكثر من غيره ومعدل النمو محسوباً على أنه مدة الأجيال لعدد من البكتريا النامية تحت ظروف ملائمة .

٢- البيئة وبصفة عامة فكلما كان التركيز ملائماً فى البيئة كلما أسرع النمو فإختلاف تركيز الببزين فى البيئة من ٠,١٢٥٪ إلى ١٪ فإن فترة الحجل فى Eberchellaty Phasa أختصر من نحو ٥٠٠ دقيقة إلى نحو ١٠ دقائق .

طور الموت المعجل

وحالة التوازن بين الكائنات المتكونة حديثاً والخلايا التى تموت والذى لوحظ قد يستمر لمدة ساعة أو قد يطول لعدة أيام وبمجرد أن تضطرب حالة الإتزان هذه وتبدأ الخلايا فى الموت أسرع من تكون الخلايا الجديدة فإن عدد الخلايا الحية يبدأ فى الإنخفاض ويتحول طور النبات إلى إضمحلال وقد تمثل فترة الإضمحلال هذه نوعاً من البطء أو التكيف مع الظروف غير الملائمة .

وكما كانت فترة البطء فإن هذه الفترة معرضة لتغير كبير يتوقف على الكائن نفسه وعلى الظروف .

حشرات تعيش فى باطن الأرض

بعض الحشرات ذات ذنب وهى لا تخرج من باطن الأرض إلا لفترات قصيرة إذا كان الجو رطباً فهى مزودة بحاسة الإبصار وجلدها به مواد ملونة ولو أن منها أنواعاً بلا عيون أو مواد ملونة تعيش فى طبقات أكثر عمقا .

وذوات الألف رجل تجد فى التربة ما يقيها من التقلبات وعلى الرغم

من كبر حجمها نسبيا وكثرة عددها فى بعض الأحيان إلا أنها لا تقوم بدور هام فى دورة المادة (إنحلال المواد العضوية إلى دبال) لأن فترات نشاطها محدودة ونشاطها متوقف طوال الصيف لجفافه ولو أن الترطيب أيضا قد يوقعها فى خطر فالأطوار الناقصة النمو من الأنواع الكبيرة قد يغلقها غشاء من الماء فتبقى حبيسة فيه كما أن المطر الغزير يقطع عنها مورد الأوكسجين .

وتحت سطح الأرض شبكة من الأنفاق صنعها الخلد أو الفأرة العمياء (Mole) وهذه الشبكة شبيهة بعش النحل وأنفاق الشرو وممرات ديدان الأرض ويوجد كل ذلك بأعداد وفيرة وتشق الحفارات لنفسها طرقا فى تربة الغابة مما يعطى للسائر على سطحها شعوراً بأنه يطأ بقدميه على مطاط إسفنجي ملئ بالهواء . والفئران أكثر الثدييات شيوعاً على سطح أرض الغابة ويوجد فأر الظبى (deer mouse) فى الغابات على إختلاف أنواعها وهو يستمر فى العمل طوال السنة خلال برد الشتاء (تحت الصفر المئوي) ليبحث عن طعامه من البندق والبذور التى يدخر منها أحيانا نحو ١/٤ جالون تحت سطح الأرض ومن رأى بعض المصادر أن الشرو أكثر الحيوانات فى الغابة عدداً ولو أن السرية التى يتبعها فى حياته أبعدته عن لفت الأنظار ومع ذلك فهو موجود فى كل موضع تطؤه الأقدام من أرض الغابة والشرو تلائمه المعيشة تحت سطح الأرض تماماً ففمه مكون من عظام تشبه المحرات كثيراً وفراؤه قطيفى الملمس لا يتلبد حتى وإن رجع إلى الخلف وهذه ميزة كبرى تساعده على المرور فى الحدود التي تفرضها

عليه الممرات الضيقة وهو يعتمد تحت سطح الأرض على حاستيّ السمع واللمس عن طريق شواربه شديدة الحساسية .

ويستهلك الشرو من الطعام ثلاثة أضعاف وزنه يوميا وتشمل شهيته العظيمة للطعام الحيوانات الصغيرة الحية كالحشرات والديدان والقارضات والثعابين والطيور وهو حيوان شرس وإذا منع الطعام عن عدد منها إلتهم كل منها الآخر ووصفه بعض الباحثين أنه حيوان كاسر يتظاهر بالوداعة والألفة غير أنه إذا لمس يعض عضاً عميقاً ويسمم تسمماً مميتاً .

ولو أن بعض الباحثين لا يوافقون على أنه سام ولو أن بعض الدراسات التالية أوضحت أن بقواطعه مادة سامة .

ويشترك الخلد (الفأرة العمياء) فى كثير من مواطنه مع الشرو وتحفر الخلد الأرض لبناء مأوى تعيش فيه ولتبتعد عن الديدان والحشرات التى تتغذى عليها والممرات التى تحفرها الخلد تلفت الأنظار بوجود أكوام من التراب يدل على وجود الخلد دلالة واضحة ومما يذكر عن الخلد أنه لا يحفر أنفاقه إلا ليلاً .

والخلد لا يسير فى ضوء الشمس إلا نادراً بينما السنجاب فأر الجبل لا تعيش فى بيوتها المظلمة إلا فترة ثم تظهر فوق سطح الأرض لتأكل أو تتكاثر .

ديدان الأرض

تنتمي ديدان الأرض إلى رتبة الحلقيات ويبلغ عدد الحلقات فى كثير من أنواع ديدان الأرض من ٢٠٠-٣٠٠ حلقة أو قطعة وأغلبها

جسيمات صغيرة تتكـرر فيهـا الأعضـاء الداخليـة إلى مـالا نهايـة والقـول الشائع أن دودة الأرض يمكن أن تقطع إلى نصفين ثم ينمو كل منهمـا إلى دودة جديدة هو قول عارٍ عن الصحة فقدرة الديدان على تجديد الأعضــاء قدرة محدودة فالقطع التى تفقدها كما يحدث أحيانـاً عندمـا يتمكـن طـائر من قطم جزء من دودة تستطيع أن تجد بدلاً منها غير أنهـا لـن تكـون فـى حجم تلك التى قطعت أما القطع الحلقية فيمكـن تجديدهـا بسـهولة أكـثر فلو أزيـل مـن مؤخـر الـدودة مـا يصـل إلى ٤/٥ (أربعـة أخماسـها) فإنهـا ستنشئ بدلاً عنها ذيلاً جديداً .

ولا صحـة أيضـاً لتكـاثر الديـدان بإنقسـامها إلى نصفـين فــالواقع أن عاداتها فى التكاثر شديدة التعقيد لأن كل دودة مذكرة ومؤنثة فـى نفـس الوقت فهى تنتج البيض كما تنتج المنى، والكائنات الخنثى واسعة الإنتشار فى عالم الأحياء غير أن ديدان الأرض لا تستعمل أعضاء تناسلها المزدوجة فى تلقيح نفسها فما زال لزاماً على الدودة أن تجد لنفسها رفيقاً .

وإن كانت أى دودة تمر بها من نوعها تؤدى الغرض مـا دامـت كـل منهما ذكراً وأنثى وعند التلقيح يقوم كل فرد بإخصاب الآخر وينتج كــل منهما بيضاً ويحـدث الجمـاع بـأن يلتصـق السـرجان ويفـرز سـائلاً يثبـت الدودتين معاً تثبيتاً محكماً والسرج طـوق مـن الحلقـات الكبـيرة يبعـد عـن رأس الدودة بنحو ربـع طولهـا ثـم تحقـن كـل دودة حيواناتهـا المنويـة فـى زميلتها وتفترق الدودتان عقب ذلك مباشرة ويفرز السـرج كيساً رقيـقـاً

خارجه وتنسحب الدودة إلى الخلف خارجة من الكيس وتترك فيه أثناء ذلك البيض والحيوانات المنوية التى سبق أن تلقتها من زميلها وما أن يسحب رأس الدودة من الكيس حتى يقفل تلقائيا على ما به من بيض مخصب ويعرف الكيس بالشرنقة ويتم فيه نمو البيض المخصب إلى ديدان صغيرة .

وشرانق الديدان تسمح لها بالإحتفاظ بحياتها فى الظروف السيئة وهى تفقس عادة بعد أسبوعين إلا إنها قد تبقى ساكنة تقاوم الجفاف التام ودرجات حرارة التجمد لمدة قد تطول إلى السنتين .

وتحمل كل حلقة من حلقات الدودة أربعة أزواج من الزوائد الشوكية تحركها عضلات خاصة قوية فى أى إتجاه لتساعد على الحفر وتوجد عضلات أخرى تسمح للدودة بأن تزيد أو تنقص طولها أو أن تتضخم أو تزداد رفعاً وتستطيع الدودة أن تتحرك إلى الأمام وإلى الخلف وقد عرف عنها أنها تستطيع أن تزحزح أحجاراً صغيرة تعادل وزنها خمسين مرة .

النمل

تحت سطح الأرض ليس بيئة لحياة الكائنات الدقيقة فحسب بل يوجد عدد من أنواع الحشرات تتخذ من تحت سطح الأرض مسكناً ومسرحاً لنشاطها ومن هذه الأنواع النمل ومنه أنواع متعددة ومن أشهرها نمل تحت السطح الأبيض (الترمايت) Subterranean Termites.

يمكن لهذا النمل أن يسبب أضراراً شديدة للمصنوعات الخشبية

والمنتجات التى تحتوى على السليلوز Cellulose والمنتجات المخزونة أو التى تستخدم فى البناء .

ويحصل هذا النمل على حاجته من الماء من الأرض التى يوجد مستعمراته بها فغذاؤها من الخشب وتحتوى مستعمرة الترمايت أفراداً مجنحة ناضجة للتناسل وأفراداً من الشغالة الناضجة وجنود وعذارى صغار كل منها له عمل خاص يقوم به .

وتخرج الأفراد المجنحة مبكراً فى الربيع وتقوم بالطيران لتنشئ مستعمرات جديدة وإذا لم تستطع فإنها تقطع أجنحتها وتموت إذا لم تجد طريقها إلى الأرض وهذا النوع من الترمايت لا يستطيع أن يعيش فى الخشب المصقول أو الأثاثات فى المنازل ولا يقوم بالطيران غير مرة واحدة كل عام من المستعمرة الواحدة .

والشغالة هى التى تتلف الأخشاب فهى تقوم بعمل ممرات فيها وتمتد هذه الممرات مع لب الخشب وجوانب هذه الممرات رمادية اللون مما تخرجه النملة وهذه الصفة مميزة لنمل الترمايت فقط أما الممرات فخالية من مسحوق الخشب وهذا يميز نشاط هذا النمل عن نشاط نمل أجناس أخرى وتوجد الترمايت فى جميع ولايات أمريكا ولكنها شائعة الوجود فى جنوب الولايات المتحدة .

مزارع تحت سطح الأرض

ويوجد تحت سطح الأرض نحو ١٠٠ نوع من النمل منها نمل الفطر الذى يقوم بإطعام نفسه وصغاره بما يزرعه من فطر وأكثر ما درس منها

الأنواع التى تقطع أوراق الأشجار فى المناطق الاستوائية وتعرف بسلالة (عطا Atta) وهى تقضم الورقة من قاعدتها (وقد تجرد الشجرة كلها من أوراقها فى ليلة واحدة) وتحملها إلى عشها وتبلغ النملة نحو نصف بوصة طولاً ولونها أحمر أو بنى هيكلها شوكي وهى كثيراً ما تحمل قطع الأوراق فوق رؤسها كالشمسية .

وكان W. Peat من أوائل من لاحظ قيام هذا النمل بجمع الأوراق ففى عام ١٨٤٨ أشترك Peat مع عالم آخر (الفرد والاس) ونانت شقيق والاس الأصغر وبعد أن قضوا ٤ سنوات قاسوا فيها صعوبات لا حصر لها.

وبعد مرور بضع سنوات تبين لتوماس بيت أثناء قيامه برحلات إستكشافية فى نيكاراجوا أن الأوراق ليست لعمل الأسقف فى المستعمرة وهى أيضاً ليست ليأكلها النمل بل الغرض الأول والأخير من جمعها أن تكون سماداً عضوياً لحدائق عيش الغراب .

وعندما تترك الملكة العش تحمل فى كيس خاص داخل فمها قطعة دقيقة من الفطر من النوع الذى تزرعه فى مستعمراتها ويتوقف نجاح مدينة النمل التى عليها أن تؤسسها توقفاً تاماً على حسن قيامها وعنايتها بها فبعد أن يتم التزاوج تهبط إلى الأرض وتحفر غرفة فى التربة فتزرع الحبيبات بفكيها وتدفعها إلى الخلف بأرجلها الأماميتين ثم تحبس نفسها فى الظلام مدى حياتها ومن هذه البداية سوف يظهر يوماً ما مدن فى عظمة المدن التى نعرفها .

وتقوم الملكة بغرس حديقتها ولابد أن تكون ظروف الحرارة والرطوبة مضبوطة وأن تمنع أى منافسة تقدم عليها أنواع الفطر الأخرى وبطريقة ما تحتفظ هذه البقعة من الحديقة بالحياة فالملكة تسمدها بفطريات من برازها بل وبعدد كبير من بيضها ومع العناية بالحديقة فعلى الملكة أن ترعى وتربى الدفعة الأولى من ذريتها وتطعم الصغار ببعض أخوتها ويتكون النسل الأول من أقزام صغيرة الجسم تعمل بنشاط فى العناية بالفطر حتى تموت إعياء ثم تلقى أجسادها فى الحديقة كسماد إضافي فحياة مستعمرة النمل من طراز "عطا" تستلزم التضحية بالذرية الأولى .

أحياء أخرى تحت سطح الأرض

من أهم الأحياء تحت سطح الأرض جذور النباتات وأما أنها حية فالشواهد على ذلك كثيرة وأوضحها نمو النبات فوق سطح الأرض فإذا صادف الجذر ما يوقف حياته مات النبات فوق سطح الأرض ، وثمة شواهد متعددة عن حياة جذور النباتات نشير إلى بعضها .

تحتفظ الأشجار بقدرتها على إنتاج فروع وتستمر هذه القدرة بشكل يكاد يكون دائماً ما دامت الجذور على قيد الحياة ويذكر فارب **Farb** أن منطقة غابة البلوط والكستناء (أبو فروة) **Chestnut** التى تغطى جنوب نيوانجلند وتمتد جنوباً على سلسلة جبال أبالاشان **Appalation** ويذكر أن الكثير من الأشجار ذات الجذوع الطويلة الوارقة التى لا تبدو مسنة إلى حد كبير أنما هى عجوز فى أرذل العمر فى أجزائها تحت سطح الأرض

ولعلها ما زالت تنمو على الجذور الأصلية نفسها التى نمت عليها الأشجار العملاقة التى شاهدها المهاجرون الأوائل مـن أوروبـا وقد زالـت أشـجار الكستناء مـن غابـات أمريكـا بفعـل مـرض فتـاك ورغـم ذلـك مـا زالـت جذورها محتفظة بالحياة تخرج جذوع أشجار قضى عليها بدورها وكـانت أشجار الكستناء حائزة السبق بين كافة الأشجار فى إخراج الفـروع وقـد سجل لبقايا شجرة كستناء واحـدة أنهـا أنتجـت ٣٧٥ (ثلاثمائة وخمسة وسبعين) ساقاً مورقة غير أن المتوسط العادى يبلغ نحو ستين فرعاً ولا تنتج أشجار البلوط السوداء مثل هذا العدد وقد قطعت إحدي الأشـجار ذات مرة فقدمت (farb هو المتحدث) فى العام التالى ١٦ فرعاً فقط .

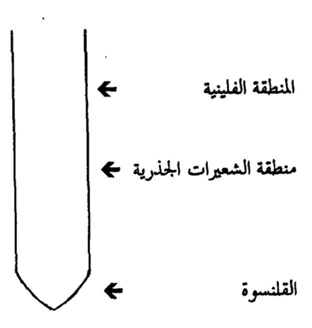
ولن يستطيع الإنسان أن يقدر ضخامة العمل الذى تقـوم بـه الجـذور إذا أقتصر على الأشجار التى أعيد غرسها فـى الحدائـق وأعتـني بهـا فهـذه الأجزاء الحية الجبارة تنمو فى أحسن حالاتها إذا واجهتهـا الشـدائد كـأن تكون التربة فقيرة والماء يصعب العثور عليه فحينئذ تنمـو الجـذور وتتفـرع باعثة كشافها فى كل إتجاه وكثيراً ما تترك المواقع المنفصلة من التربة وهـى تقـوم بهـذا البحـث . ويصعـب إخـراج مجموعـة جذريـة كاملـة لشـجرة عملاقـة لقيـاس أبعادهـا ولـو أنـه قـد أجريـت تجـارب فـى المعـامل علـى الحشائش وتبين أن نبات شـعير واحد عمره أربعة أشهر فقط كـون تحت سطح الأرض مجموعة جذرية طولها ٧٠٠٠ (سبعة آلاف) ميل من الجذور والشعيرات الجذرية .

كما أن نباتاً واحداً من النجيل الأزرق غرس فى أصيص قطـره ثلاث

بوصات وعمقه ست بوصات أنتج مجموعة جذرية عملاقة ملأت ٣٪ من حجم التربة وإذا كان هذا شأن الحشائش الصغيرة فى إنتاج مثل هذه الجذور العملاقة فلابد أن يكون النشاط الذى يجرى تحت سطح الأرض فى الغابة فى يوم رطيب من أيام الربيع نشاطاً هائلاً.

إذا فحصنا طرف جذر بعدسة مكبرة نشاهد أربع مناطق ففي الطرف توجد القلنسوة التى يميل لونها إلى البياض وهى تحيط بطرف الجذر كقمع الخياط (الكستبان) وتتحمل الصدمات الناجمة عن إختراق الجذر للتربة وتفقد القلنسوة الكثير من خلاياها بإستمرار بإحتكاكها بحبيبات التربة إلا أنها تعوض ما تفقده بما يضاف إليها من خلايا جديدة من نوعها ويقوم هذا الطرف الرقيق بالعمل الثقيل فى الجذر كله فهو الذى يشق الطريق فى التربة ويشبه ذلك المثقاب وتوجد منطقة استطالة الجذر تالية للقلنسوة ولا يتجاوز طول هذه المنطقة (١ سم) ويحدث فيها إنقسام سريع ومستمر للخلايا كما أنها المنطقة الوحيدة فى الجذر التى تزداد فى الطول ويليها منطقة الشعيرات الجذرية الوبرية الملمس وهى المنطقة التى يمتص الجذر الغذاء عن طريقها ولا يتجاوز عمر الشعيرات الجذرية بضعة أسابيع إلا أن تكون الشعيرات يستمر دون إنقطاع ويسبب نمو منطقة الإستطالة وتوغلها داخل التربة وهكذا تتصل شعيرات جذرية حديثة التكوين على الدوام بحبيبات من التربة لم تلمسها من قبل وأخيراً تأتى منطقة طويلة ملتوية بنية اللون مغطاة بالفلين وهى الجذور التى نراها عند نقل نبات لنعيد غرسه وهذه المنطقة أقدم مناطق الجذر جميعاً ، وقد كانت مغطاة

بالشعيرات الجذرية وكانت تعمل على تغذية النبات عندما كان صغيراً أما وقد أصبح لونها بنياً ولم تعد صالحة لإمتصاص الماء فإنها تعمل كمجرد أنبوبة توصل الماء من منطقة الإمتصاص إلى جميع الشجرة وتتكون المادة البنية من الفلين كما فى القلف الذى يغطى جذوع الأشجار وقد يختلف فلين الجذر عن فلين الساق ويرجع ذلك لإستحالة تراكم طبقات سميكة من القلف فى التربة لوجود جموع حاشدة من الميكروبات تحيط بالأنسجة الأرضية .



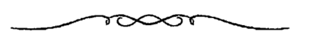
المظهر الخارجى لجذر

وتستطيع أطراف الجذور أن تكون هذا النسيج خلال التربة الصلبة والصخور التى تعترض طريقها نتيجة للضغط الناشئ عن الاستطالة الذى قد يعادل ١-٢٠ رطل ولأنه موجه نحو طرف جذر فى حجم الإبرة فإنه يكون له قوة دافعة كبيرة وطرف الجذر كالإصبع الرقيق الذى يتفحص

الطريق ويستجيب لعوامل شتى فإذا قابل جسماً صلباً إنحرف عنــه أمـا إذا كانت التربة ناعمة فإنه يسلك فى إختراقه للتربــة حركـة إلتفـاف ودوران مثل مثقاب الفلين وينتج تشابك الجذور التى تملأ أرض الغابة نتيجة أمرين هما حركة مثقاب الفلين وإستطالة الخلايا وقـد نلاحـظ أن جـذور بعـض النباتات قد شقت سطح طريق من الإسفلت ويفسر ذلــك بقـوة التشـرب فالمادة القادرة على إمتصاص الماء إذا حجزت فــى حيز ضيـق ثـم أضيـف إليها الماء فإنها تنتفخ وينتج عنها قـوة كافيـة لأن تشـق الحجـر ويقـال أن قدماء المصريين إستغلوا هذه الظاهرة فى تقطيع أحجــار الهرم بـأن يضعـوا فى شقوق طبيعية أو يقومون هم بشقها جـذوع الشـجر ويوالـون إضافـة الماء فتنتفخ الجذوع وينفلق الحجر الكبير .

ويقول P. Farb أن قوة التشرب من الظواهر الطبيعيــة وكـذا إنقسـام الخلايا الحية وتكاثرها فإذا إجتمعت الظاهرتان وهو ما يحدث فــى جـذور النباتات النامية نشأت من إجتماعها قـوة تزحْزِح الجبـال أو تجعـل الجـذر ينمو بسهولة خـلال طريـق إسـفلتي أسـود السـطح وقـد أجريـت إحـدى التجارب النباتية على نبات قرع نامٍ لإختبار القوة الناشئة عن تمدد الخلايـا فأحيطت القرعة وهى ما زالت متصلة بالنبــات الأصلـي بصنـدوق أحكـم القفل عليها وأثقل غطاؤه بصنجات ليبقى مقفلاً فأزاحت القرعة الصغـيرة ما وزنه ستون رطلا من الصنجـات أول الأمـر ثـم بعـد مضـى شـهرين لم يكف ٢,٥ طن من الأثقال لإيقاف قوة نموها .

الباب الثالث



◊ العناصر الضرورية لتغذية النبات

الأكسجين – الكربون – الهيدروجين – النيتروجين – الفوسفور – البوتاسيوم – الكالسيوم – المغنسيوم – الكبريت

◊ كيفية إمتصاص النباتات للعناصر المغذية من الأرض

كيف تتغذى النباتات ؟

ظل علماء النبات يحاولون خلال القرن السابع عشر حتى القرن التاسع عشر أن يعرفوا كيف يتغذى النبات على أمل أن يتمكنوا من زيادة هذا الغذاء فيزداد إنتاج الطعام والكساء .

تطورت الآراء التى تفسر تغذية النبات فقد بدأت بأن النبات يتغذى بالماء والدليل على ذلك توقف النمو وموت النبات ما لم يضف إليه الماء أو تسقط عليه الأمطار .

وحدث تطور آخر نتيجة ما لوحظ أن النباتات النامية فى مساحات سبق أن رعت فيها الحيوانات أو أضيف إليها فضلاتها تكون ذات نمو أكبر وإنتاج أعلى من غيرها . فنشأت النظرية العضوية فى تغذية النبات أي أن النبات يتغذى على المواد العضوية مثل السماد العضوي وغيره .

ويشير إبن العوام إلى التسميد وكانت الأسمدة فى عصره جميعها من فضلات الطيور والحيوان فيقول :

" قال نسطوروس أنني أجريت فى الزبل شيئاً لم يذكره النبط (أو الأنباط وهم أعراب شرق سيناء وشمال شبه الجزيرة العربية وجنوبي الأردن) ولا غيرهم وذلك أنى أخذت من هذه الزبول (جمع زبل وهى فضلات الطيور والحيوانات) وأحرقتها بالنار حتى صارت أرمدة (جمع رماد) وأستعملتها فوجدتها فى غاية الجودة والصحة للشجر والخضر"

ويضيف إبن العوام قوله "يشبه أن يكون رماد الحمامات التى تحرق فيها الزبول بهذه الصفة " ويخصص إبن العوام فى كتابه عن التسميد باباً خاصاً عن التسميد فيعرف "الزبول " وأنواعها وتحضيرها ومنافعها لكل نوع من أنواع الأرض ولكل نوع من المغروسات والمزروعات .

ورث المفكرون والباحثون الغربيون فى القرن السادس عشر كثيراً من أفكار الذين سبقوهم فى تفسير تغذية النبات وقد ساد فى هذا العصر الرأي القائل بأن النبات يتغذى على الماء والمواد العضوية (الدبال) وأنه يمتص منها الأملاح . ويعتبر فرانسيس باكون Francis Bacon من أشهر مفكرى هذا العصر (١٥١٦-١٦١٤) وقد أعتنق هذا الرأي وأعتقد أن الأرض تقى النبات من الحر والبرد وتساعد على غرس جذوره فيها فتحفظه من الرقاد . وأضاف أن كل نبات يستخلص من الأرض مادة خاصة تغذيه ولذا فزراعة نبات معين مرات متوالية فى نفس الأرض يفقرها فى هذه المادة وأتجه Jan Paptiste van Helmont (١٥٧٧-١٦٤٤) إتجاهاً تجريبياً فغرس فسيلة من نبات تزن ٥ أرطال فى ٢٠٠ رطل من الأرض الجافة وروى هذه الفسيلة بماء المطر لمدة أكثر من ٥ سنوات وفى نهاية المدة كان وزن النبات ١٦٩ رطلا و٣ أوقيات وفقدت الأرض حوالي أوقيتين من وزنها الجاف وأستنتج هلمونت من ذلك أن النبات قد أستمد من الماء ١٦٩ رطلا من وزنه ولكنه لم يشر إلى النقص الطفيف فى وزن الأرض الجاف وأعتبره خطأً تجريبياً.

وأتجه روبرت بويل Robert Boyle (١٦٢٧-١٦٩١) نفس الاتجاه وأكد نفس الاستنتاج غير أنه قام بتحليل النبات تحليلا كيميائيا وأوضح

أنه يحتوى أملاحا وكحولات وزيوت وتراب وأنها جميعا مستمدة من الماء .

لاحظ جلوبر Gloper (١٦٠٤-١٦٦٨) أن ملح نترات البوتاسيوم يزيد نمو النبات زيادة كبيرة وأعتقد أن خصوبة وقيمة السماد البلدى ترجع كليــة إلى نترات البوتاسيوم وزاد جون ماير John Mayer (١٦٤٣-١٦٦٨) أن النترات تزيد فى الأرض فى فصل الربيع وتقل فى فصل الصيف وهو موسم النمو وأستنتج من ذلك أن النبات قد أمتصها فى نموه .

كانت ملاحظة وودوارد Woodward (١٦٩٩) أول معارضة صريحة لإستنتاجات فان هلمونت فقد نمت النباتات فى ماء مقطر وماء النهر ومستخلص الأرض فلاحظ أن النبات النامي فى مستخلص الأرض أفضل من الذي نما فى ماء النهر وهذا أفضل من الذي نما فى الماء المقطر فأستنتج أن الأرض وليس الماء هى التى تكون جسم النبات، وتحول الإتجاه إلى دور المادة العضوية فى تغذية النبات وأجريت عدة تجارب إستخدمت فيها مصادر كربونية مثل الفحم والزيوت المعدنية وفضلات الطيور وغيرها.

وفى مطلع القرن التاسع عشر تم التحول عن الرأي القائل أن الماء هو مصدر غذاء النبات فقد نشر نيقولا دي سوسير Nicolas T. dsausure رأيه القائل أن رماد النبات مأخوذ من الأرض وأوضح أنه إذا نمت بذرة

فى الماء فقط فإن الرماد لا يزيد عما فى البذرة أصلاً إلا بقـدر مـا يسـقط عليها من تـراب وأن عنـاصر هـذا الرمـاد أساسية فـى تغذية النبـات وأن النبات يستمد من الأرض النتروجين والعناصر المعدنية ويمتص الأوكسجين من الجو ويخرج ثانى أوكسيد الكربون كعملية مشابهة لعملية التنفس وأنه يمتص ثانى أوكسيد الكربون ليستعمله فى بناء جسمه .

العناصر الضرورية لتغذية النبات

لا يوجد فارق كبير بين البروتوبلازم فى الخلية النباتية والخلية الحيوانية ولكن الحيوانات تعتمد فى غذائها على حيوانات أخرى أو علـى نباتـات حتى تستطيع أن تواصل حياتها . فالحيوانات تعتمد عموما فى نهاية الأمر علـى المملكـة النباتيـة إعتمـاداً كـاملاً ، ولكـن بروتوبـلازم الخليـة النباتيـة يستطيع أن يعيش مستقلاً عن أي مصـدر حـي آخـر . أي أنـه لا يسـتمد غذاءه من بروتوبلازم نباتي أو حيواني آخر ، فكل ما تحتاج إليه النباتـات الخضراء هو مصـدر مـن المـاء وثـاني أوكسـيد الكربـون وبعـض العنـاصر المعدنية فتعيش ـ فى الضوء ـ مستقلة تماما .

وأوضح ذلك أن (المواد الأوليـة) التـى يسـتعملها النبـات فـى صناعـة أنسجته تلعب دوراً حيوياً سواء فى حيـاة النبـات أو حيـاة الأحيـاء جميعـاً وأصبحت دراسة هـذه (المـواد الأولية) وكيـف تـؤدى دورهـا الخطـير ذا الأهمية الكبرى لكل من يعملون فى الإنتاج النباتي .

وإذا أتخذ من الذرة مثلاً لما تحتاجـه النباتات فى نمـوهـا من العنـاصـر

الغذائية فإننا نجد أن محصول فدان واحد من الذرة الناجح الذي يعطى حوالي ٢٠ إردباً من حبوب الذرة قد أنتج الآتي :

٢٠٠٠ كجم من الأحطاب	٧٠٠ كجم من (القوالح)
٢٨٠٠ كجم من حبوب الذرة	٢٥٠٠ كجم من الجذور

وأستعمل فى إنتاج هذه المواد المقادير الآتية :

١- الماء حوالي ٢٥٠٠ م٣	٢- الأوكسجين حوالي ٣٠٠٠ كجم
٣- الكربون ٢٥٠٠ كجم	٤- النتروجين ٦٠ كجم
٥- البوتاسيوم ٥٠ كجم	٦- الكلسيوم ١٧ كجم
٧- المغنيسيوم ١٥ كجم	٨- الفوسفور ١٠ كجم
٩- الكبريت ١٠ كجم	١٠-الحديد ١ كجم
١١-المنجنيز ٠,١٥ كجم	

يضاف إليها مقادير صغيرة من البورون والكلورين والزنك والنحاس والمولبدينوم .

والبناء الضوئي أي الكربون والهيدروجين والأوكسجين مع النتروجين والفوسفور فجدر الخلايا التى يتكون منها هيكل النبات تتكون أساسياً من الكربون ويتكون البروتين أساسياً من الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنتروجين والفوسفور .

وقد أوضح ليبج Liebig ومن تبعوه أهمية عدد من العناصر فى تغذية

النبات وقد أتضح من كثير من الدراسات التى بنيت على التجربة العلمية أن النباتات تمتص العناصر المعدنية الموجودة فى منطقة الجذور دون تمييز الضروري منها أو غير الضروري ، فوجود عنصر ما فى أنسجة النبات لا يتخذ برهانا على أن هذا العنصر ضروري لحياة النبات ، وأوضح مثل لذلك السليكون والألومنيوم .

وأوضح أرنون Arnon وجوب توفر النقط الثلاثة الآتية حتى يمكن إعتبار أن عنصراً ما حيوي للنبات المختبر :

١- أن غياب العنصر يجعل إستكمال النبات لطوره الخضري أو الثمرى متعذراً .

٢- أن مظاهر نقص هذا العنصر المختبر يمكن منعها من الظهور أصلاً أو علاجها بمد النبات بهذا العنصر وليس بعامل آخر .

٣- أن العنصر ذو دور مباشر فى تغذية النبات وليس عن طريق غير مباشر مثل تأثيره على الأحياء الدقيقة أو الظروف الكيميائية بالأرض أو بالوسط الذي ينمو فيه النبات .

ونوجز فيما يلي الدور الذي يؤديه كل عنصر من العناصر الضرورية للنبات .

الأوكسجين

يكفى أن نشير إلى عملية التنفس وما يرتبط بها من أكسدة وإختزال لنعرف الدور الحيوي للأوكسجين فى النبات ، كما أنه يتحد مع الكثير

من العناصر الأخرى لتتكون المواد العضوية والأكاسيد ، والواقع أنه يندر أن نتذكر أن الأوكسجين يكوّن حوالي ٥٠٪ من المادة الجافة التى ينتجها النبات .

الكربون

تبنى النباتات أجسامها بإستعمال ثاني أوكسيد الكربون الجوى بعملية البناء الضوئي ويحتوى الهواء على حوالي ٠,٠٣٪ ثاني أوكسيد الكربون ولذلك يجب أن يستعمل النبات كميات كبيرة من الهواء حتى يحصل على حاجته من ثاني أوكسيد الكربون فى الهواء المحيط بالنبات (وقد بذلت محاولات لزيادة نسبة ثاني أوكسيد الكربون فى حقول الذرة باستعمال مكعبات من ثاني أوكسيد الكربون المجمد) .

وفى دراستنا لأثر زيادة ثاني أوكسيد الكربون فى الهواء الجوى المحيط بالنبات (نجوى شحاته وآخرون ١٩٧٨) إستخدمت غرف للتنمية تسمح بزيادة معروفة فى ك أ٢ مع إضاءة معروفة القوة وتنمية نباتات الذرة وفول الصويا وأوضحت الدراسة ما يلي :

١- لم يتأثر نمو الذرة بزيادة تركيزات ك أ٢ فى الهواء الجوى فى حالة عدم التسميد بالنتروجين ، بينما كان لهذه الزيادة أثر على نمو نباتات فول الصويا فى حالة عدم تسميده بالنتروجين وواضح أن ذلك يرجع لقدرة فول الصويا على تثبيت النتروجين من الهواء الجوى .

٢- بإضافة النتروجين وضح أثر زيادة تركيز ك أ٢ على الذرة .

٣- زاد محتوى نباتات فول الصويا من النتروجين بزيادة ك أ$_{٢}$ حتى فى حالة عدم إضافة سماد نتروجيني مما يشير إلى زيادة قدرة فول الصويا على تثبيت النتروجين الجوى نتيجة لزيادة تركيز ك أ$_{٢}$.

٤- كانت زيادة النمو فى حالة ١٥٠٠ جزء/مليون ك أ$_{٢}$ أقل منها فى حالة ١٠٠٠ جزء/مليون وقد يكون أحد أسباب ذلك عدم كفاية مستوى الإضاءة .

أثر زيادة ك أ$_{٢}$ فى هواء غرف التنمية على نمو الذرة وفول الصويا

	غير معامل	٥٠٠٠ جزء/مليون ك أ$_{٢}$	١٠٠٠ جزء/مليون ك أ$_{٢}$	١٥٠٠ جزء/مليون ك أ$_{٢}$
وزن نبات الذرة (جم)	٥,١٢٤	٦,٧٧١	٧,٠٨٩	٧,٢٦٢
طول نبات الذرة (سم)	٩٤	١١٠	١٢٤	١١٨
وزن نبات فول الصويا	١,٤١٠	٢,١٨٢	٣,٠٠٠	٢,١١٦
طول نبات فول الصويا	٥٤	٦٠	٨٠	٦٨
ن (٪) فى أوراق فول الصويا	١,١	١,٣	١,٧	١,٦
مقدار النتروجين (مجم)	٧,٦١	١٣,٩٠	٢٥,٥٨	١٦,١٥

الهيدروجين

يأخذ النبات الهيدروجين فى صورة ماء ، ودور الماء فى حياة النبات معروف وكذا يدخل الهيدروجين فى تركيب كثير من مركبات النبات مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينيات .

تشترك العناصر الثلاثة - الأوكسجين والكربون والهيدروجين - فى

عملية البناء الضوئي فعندما تمتص الخلايا الخضـراء Chloroplasts الأشـعة الضوئية يختزل ثانى أوكسيد الكربون إلى سكر وغـاز الأوكسـجين الـذى يساوى فى الحجم مقدار ثانى أوكسـيد الكربـون المختزل وهـذه العمليـة عكس عملية التنفس التى تتأكسد فيها المواد العضوية - الكربوهيدارت - إلى ثانى أوكسيد الكربون وماء طبقاً للمعادلة :

طاقة ضوئية

ك أ٢ + يد٢ أ ⟵ (ك يد٢ أ) + أ٢

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow (CH_2O) + O_2$$

حيث (CH_2O) تمثل وحدة الكربوهيدرات و٦ وحدات منهـا تعطـى سكر الجلوكوز (ك٦ يد١٢ أ٦) . $(C_6H_{12}O_6)$

غير أننا ننبه إلى أن هذه المعادلـة قـد تعطـى القـارئ فكـرة أن مصـدر الأوكسجين فى هذا التفاعل هو ك أ٢ ولكـن إستخدام الأوكسـجين ١٨ قد أوضح أن مصدره هو الماء فتأثير الضوء يحلل جزئ الماء ولكن لما كـان جزئ الماء يحتوى ذرة أوكسجين واحدة والمعادلـة تشـير إلى إنتـاج ذرتـين منه فمن الضروري أن يبدأ التفاعل بجزيئتـين مـن المـاء ، وللحصـول علـى معادلة متوزانة تمثل التفاعل يضاف جزئ ماء إلى طرفىّ المعادلة :

بالإنحلال الضوئي

ك أ٢ + يد٢ أ ⟵ (ك يدأ٢) + أ٢ + يد٢ أ

$$CO_2 + 2H_2O \longrightarrow (CH_2O) + O_2 + H_2O$$

فجـزئ الأوكسـجين ينتـج مـن الإنحـلال الضوئـي لجزيئـي المـاء ، ويستخدم الهيدروجين الناتج منهما فى إختزال ك أ٢ إلى (ك يد٢ أ) وفـى تكوين جزئ جديد من الماء .

النتـروجيـن .

تمتص جذور النبات النتروجين فـى صورتـين أساسـيتين همـا النـترات والأمونيوم ، (قد تمتص الجذور بعض الصـور الأخـرى وتتحـول هـذه إلى أحماض أمينية مختلفة بعد إختزال النترات إلى أمونيوم ثم بروتينيات) ويحتاج النبات إلى كميات كبيرة نسبياً مـن النـتروجين ولذلـك فـإن نقصـه كثـير الشيوع كما أنه من العنـاصر التـى تضـاف إلى الأرض فـى صـورة أسمـدة بكميات كبيرة .

الفـوسـفـور

يوجـد الفوسـفور كـأحد مكونـات الأحمـاض النوويـة وكـجـزء مـــن الدهون والفوسفوليبيد Phospholipids التى يعتقد أنها تلعـب دوراً هامـاً فى بناء الغشاء الخلوي ولذا فنقص الفوسفور يعتبر شديد الضرر بالخلية إذ يمنع تكون النواة والسيتوبلازم والأغشية الحديثة حول سطح الخلية .

وللفوسفور دور خاص فى خطوات تحول الجهد فـى الخليـة Energy Transfer Steps لأن المركبـات مثـل أدينوزيـن ثلاثـــي الفوســفات Adenosine Triphosphate المكونـة مـن ثلاثـة فوسـفات مرتبطـة فـــى حلقـات معقـدة يعتقـد أن الإثنـين الأخـيرين منهـا يختلفـان عـن المجموعــة الفوسفاتية الأولى لأن الإنحـلال المـائي Hydrolysis للرابطـتين الأخـيرتين يعطى قدراً من الجهد أكبر مما يعطيه إنحلال الرابطة الأولى ولذا يطلق علـى الرابطتين الأخـيرتين (الرابطـة الفوسـفاتية الغنيـة بـالجهد "Energy-rich Phosphate Bond" ويرمز لها عادة بالعلامة (~ فو) حتى يمكن تعريفـهـا

من الروابط العادية التى يرمز لها عادة بالعلامة (ـ فو) وعلى ذلك فالمركب أ ٣فو ATP يكتب أـ فو ~ فو ~ فو A-P~P~P وكسر هذا الجزيء عند الرابطة الأخيرة ليعطى فوسفات حرة :

أ ـ فو ~ فو + فوسفات حرة

A-P ~ P ~ P → A-P ~ P + Free P

يطلق قدراً كبيراً نسبياً من الجهد الذي يمكن إستعماله فى إتمام مختلف التفاعلات التى تحتاج إلى جهد مثل إتحـاد حامضين أمينيين ليكونا ببتـايد ثنائي Dipepitde والناتج بعد عملية الهدم هـو جـزئ أ٢ فـو Adenosine Diphosphate (ADP) يمكن أن يتحول إلى أدينوزين ثلاثي الفوسفات مرة أخرى بإستعمال الجهد أى :

أ ـ فو ~ فو + فو + طاقة ← أ ~ فو ~ فو ~ فو

يمتص النبات الفوسفور على صورة ارثوفوسفات أحادية أى يد٢ فو أ٤ وكذا بكميات أقل من الأرثوفوسفات الثنائية يد فو أ٤ .

ويعتقد أن البيروسفات والميتافوسـفات أيضـا يمكـن امتصاصهمـا وقـد أصبح للميتافوسفات أهمية من الناحية التجاريـة بعـد إنتـاج أسمـدة منهـا، وهنـاك رأى أن الميتافوسـفات يجـب أن تنحـل مائيـاً Hydrolysis إلى أرثوفوسفات أحادية قبل امتصاصها .

البـوتاسيـوم

يمتص النبات كميات كبيرة من البوتاسـيوم وبينمـا يدخـل الفوسـفور والنتروجين فى تركيب مـواد معينة فى جسـم النبات فإن دور البوتاسـيوم

غير واضح كل الوضوح فهو يوجد فى أنسجة النبات على صورة أملاح ذائبة .

وقد أوضحت بعض الدراسات أن البوتاسيوم ضروري كعامل مساعد لتفاعلات أنزيم التنفس (Miller and Evans, 1957) Respiratory enzyme وفى تكوين روابط الببتيدات Peptide bonds عند بناء البروتين. (Webster, 1955) وميتابوليزم النتروجين (Bakeman and Mulder, 1956) وتحسين تحرك الكربوهيدرات (Spraene, 1954).

ويذكر إيفانس وكورفاليس Evans and Corvallis (1971) أن العناصر الأحادية ـ البوتاسيوم ، الروبيديوم ، السيزيوم ، الأمونيوم ، الصوديوم والليثيوم ـ لازمة لتنشيط نحو ٦٠ إنزيماً فى النباتات وتقوم هذه الإنزيمات بالمساعدة Catalyses فى تكوين البروتين والنشا وغيرهما ويريان أن البوتاسيوم هو أهم هذه الكاتيونات جميعا سواء بالنسبة إلى التركيز الذي يوجد به فى النباتات أو بالنسبة إلى ما يحدثه من تنشيط فعند تركيز ٢٠ ملليجزىء من هذه الكاتيونات تتكون المقادير الآتية من مركب ADP بالملليجزىء (١,٥ فى حالة البوتاسيوم ، ١,٠ فى حالة الروبيديوم ، ٠,٩ فى حالة السيزيوم ، ٠,٧ فى حالة الأمونيوم ، ٠,٣ فى حالة الصوديوم و صفر فى حالة الليثيوم)، ويوضحان دور البوتاسيوم وعلاقة هذا الدور بالنتروجين بأن النتروجين أحد مكونات البروتينيات والبوتاسيوم ضروري لتنشيط مجموعة كبيرة من الأنزيمات خصوصا تلك

التى تعمل على تجميع المركبات ذات الوزن الجزيئي الصغير لتكوين مركبات ذات أوزان جزيئية كبيرة مثل النشا والبروتين وتحدث هذه العملية فى أجزاء الخلية بمقدار كافٍ من البوتاسيوم حتى لا تتلف مراكز الإنتاج بالخلايا .

وتحتوى أنسجة النباتات الصغيرة النامية على مقادير من البوتاسيوم أعلى مما تحتويه الأنسجة الأكبر سناً ويتحرك البوتاسيوم فى أنسجة النبات فينتقل من الأنسجة الكبيرة إلى الأنسجة الصغيرة .

ورغم أن كثيراً من الباحثين قد أوضحوا ضرورة البوتاسيوم لنمو النبات فقد أوضحت بعض الدراسات إمكان إستبداله بالصوديوم فى زراعات مائية بنسبة تصل إلى ٨٠٪ بالنسبة لنبات بنجر السكر بينما لا يمكن إستبداله إطلاقاً بالنسبة إلى البطاطس ويذكر Ulrich and Ohki أن النباتات التى نمت فى ظروف توفر لها حاجتها من البوتاسيوم كانت أفضل من تلك التى أستبدل جزء كبير من حاجتها من البوتاسيوم بالصوديوم ولا زال موضوع مدى إحتياج النبات للصوديوم وعلاقة البوتاسيوم مع الصوديوم بالنسبة لنمو النبات فى حاجة إلى مزيد من البحث .

وأول ما تظهر أعراض نقص البوتاسيوم فى النبات تكون فى الأجزاء التى تم نضجها حديثا وليس على الأجزاء الصغيرة النامية وبتقدم نمو النبات تظهر أعراض نقص البوتاسيوم على الأجزاء التى تنضج ويرجع

ذلك إلى ما أشرنا إليه سابقاً من قدرة البوتاسيوم على الحركة منها إلى الأنسجة النامية فإذا لم يوجد بكميات كافية فإنه ينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأنسجة النامية ليوفر بعض إحتياجاتها وفى حالة شدة نقص البوتاسيوم فإن النبات كله قد تظهر عليه أعراض هذا النقص .

الكالسيوم

تمتص النباتات الكالسيوم على الصورة الأيونية وهو ضروري لجميع النباتات العليا ويوجد فى الأوراق على صورة بكتات (أملاح حامض Pectic) وكذلك متحداً مع الأحماض العضوية الأخرى ويترسب فى جدر كثير من الخلايا على صورة أوكسالات ويبدو أن الكالسيوم ذو علاقة وثيقة مع الخلايا المرستيمية وتكون الأزهار .

وعلى عكس البوتاسيوم الذي يتميز بتحركه فى النبات فان الكلسيوم عنصر مقيد Immobile ولا ينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأجزاء النامية عند نقصه ويؤدى ذلك إلى أن أعراض نقصه تبدو أولاً فى الأنسجة النامية الصغيرة .

المغنيسيوم

تمتص النباتات المغنيسيوم كأغلب الكاتيونات على الصورة الأيونية ويدخل المغنيسيوم فى تركيب جزئ الكلوروفيل فبغيره لا تستطيع النباتات الخضراء أن تقوم بعملية التمثيل الضوئي .

ويوجد المغنيسيوم أيضاً فى البـذور ويبـدو أنـه مرتبـط مـع ميتـابوليزم (أيض) الفوسفور ويعتبر حيوياً لتنشيط عدد من الأنزيمات .

والمغنيسيوم سهل الحركة فى النبات وينتقل من الأجـزاء الناضجـة إلى الأجزاء النامية فيه عندمـا يكـون مقـداره غـير كـافٍ لإحتياجـات النبـات ولذلك فإن أعراض نقصه يبدو ظهورها على الأوراق السفلي .

الكبـريت

عرف الباحثون ضرورة الكـبريت للنبـات منـذ أكـثر مـن ١٠٠ سـنة وعرفوا أيضاً أن النبات يمتصـه مـن الأرض علـى صـورة كبريتـات ، كمـا تستطيع أوراق النبات إمتصاص ثاني أوكسيد الكبريت من الجـو ويتحـول بمجرد إمتصاصه إلى كبريت ولوحظ أن إحتياجات النبـات مـن الكـبريت تقارب إحتياجاته من الفوسفور على وجه عام ولـو أن ذلـك يختلـف مـن نبات إلى آخر .

وتتحول نسبة كبيرة من الكبريتات الممتصة إلى يدم كب ولو أن ذلك لا يمنع أن تحتفظ بعض أنسـجة الخلايـا وعصارتها بالكـبريت فـى صـورة كبريتات دون ضرر ويوجد الكبريت فى صورته المختزلة فى مركبات مثل السستين Cystine والمثيونين Methionine والثيـامين Thiamin وغيرهـا. وتوجد بعض الدراسات تشير إلى دور خاص لمركبات الكـبريتيد Sulfide فى عملية تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كيميائية .

والكبريت عنصر متحرك فى النبات فيمكـن أن يتحـرك مـن الأجـزاء التى بها كميات كبيرة منه إلى الأجزاء النامية التى تحتاج إليـه عندمـا يقـل المقدار الممتص من الأرض منه .

العناصر الدقيقة

فى دراسات تغذية النبات تأخر التعرف على دور العناصر الدقيقة فى حياة النبات لوجود أغلب هذه العناصر علـى صـورة شـوائب فـى أمـلاح العناصر الأساسـية أو فـى الزجـاج وعندمـا أمكـن الحصـول علـى أمـلاح العناصر الأساسية فى صـورة نقيـة إتضحـت الحاجـة إلى العنـاصر الدقيقـة وعرفت واحداً بعد الآخر ولو أن الحديد قـد عرفـت أهميتـه للنبـات منـذ وقـت طويـل بواسـطة Grisla فـى سـنة ١٨٤٤ ثـم عـرف دور المنجنـيز والبورون والزنك والنحاس والمولبدينوم بـين عـامىّ ١٩٢٢ ، ١٩٢٩ ثـم كان إكتشاف ضرورة الكلورين للنبات فـى سـنة ١٩٥٤ بواسـطة بوكـر وكارلتون وستاوت Booker, Carlton and Stout .

ويذكـر Brownell and Wood Sauchlli (1969) أن الصوديـوم ضروري للألجي الزرقاء المخضرة ولنبات الأتربلكس ووظيفته فـى النبـات شديدة الإرتباط بالكلورين .

وتحتاج النباتات إلى كميـات ضئيلـة مـن المنجنـيز والزنـك والنحـاس والبورون والمولبدنيوم والكلورين ووظائف هذه العناصر فى النباتات ذات صلة وثيقة بالأنزيمات ونشاطها وعدم توفـر الكميـات الضئيلـة الضروريـة منها يعطل كثيراً من العمليات الحيوية فى النبات .

ولم يثبت بعد ضرورة عنصري الكوبالت والفاناديوم للنباتات ولو أن بعض الباحثين يعتقدون أن للعنصرين دوراً حيوياً فى النبات يستلزم وجود كميات ضئيلة منهما فى بيئة النمو فى صورة قابلة للإمتصاص .

ولبعض النباتات إحتياجات خاصة من بعض العناصر مثل حاجة الدياتومات إلى السليكون لبناء جدرها الخلوية ولكن مثل هذه الإحتياجات ليست عامة بالنسبة لجميع النباتات كما لوحظ أن غياب السليكون يزيد إحتمال تعرض نباتات القمح إلى الإصابات الفطرية غير أن هذه العناصر لا تعتبر حتى الآن من العناصر الضرورية للنبات .

ونود أن نوجه النظر إلى أن التحليل الكيميائي لأنسجة النباتات قد يوضح وجود عدد من العناصر التى لا تعتبر ضرورية لنمو النبات وإستكمال دورة حياته ويجب ألا يفهم من وجود هذه العناصر بأنسجة النبات أنها ضرورية له إنما النبات يمتصها ضمن العناصر المختلفة التى يمتصها فآلية إمتصاص الكاتيونات مثلاً متشابهة ، وبالتالي فالكاتيونات الضرورية مثل البوتاسيوم والأمونيوم والكلسيوم والمغنيسيوم يمكن أن يمتص معها الصوديوم رغم أنه لا يعتبر عنصراً لازماً للنبات*. والمقدار الممتص من كل كاتيون من هذه الكاتيونات بما فيها الصوديوم يحدده الصورة الكيميائية التى يوجد بها فى الأرض والتركيز النسبي للصورة الميسورة من كل من هذه العناصر فى بيئة النمو فضلاً عن خواص العنصر نفسه (أحادى التكافؤ أو ثنائية مثلاً) بالإضافة إلى خواص بيئة النمو نفسها (سيأتي بيان العوامل التى تؤثر على الإمتصاص فى موقع آخر) .

وكذلك الحال بالنسبة للأنيونات فقد يوجد بأنسجة النبات أنيونات يدخل فى تركيبها عناصر لا تعتبر ضرورية للنبات ولكنها تمتص مع باقي الأنيونات نتيجة لآلية إمتصاص هذه الأنيونات .

---

* يرى بعض الباحثين أن الصوديوم يمكن أن يعوض – جزئياً – نقص البوتاسيوم بالنسبة لبعض النباتات .

وتجدر الإشارة إلى أن النبات يمتص العناصر المختلفة نتيجة لآليات Mechanisms أو ظروف تعتمد على الخواص الفيزيائية الكيميائية Physicochemical والفسيولوجية وقد يؤدى ذلك إلى إمتصاص عناصر ضارة أو سامة بالنبات أو زيادة إمتصاص عناصر ضرورية بدرجة تؤدى إلى حدوث أضرار بالنبات مثل إمتصاص الصوديوم في الأراضي المتأثرة بالأملاح أو إمتصاص البورون عندما يزيد تركيزه فى ماء الرى أو بيئة النمو .

دور التغذية فى مقاومة النباتات للأمراض

- مد النبات بجميع إحتياجاته من العناصر المغذية يزيد إنتاجه وبذا يمكن تجنب الأضرار بسرعة .
- نقص النتروجين يعنى غالباً التعرض لهجمات الطفيليات .
- زيادة النتروجين تجعل أنسجة النبات رخوة إسفنجية وتزيد تعرضه للإصابة بالفيروسات والبكتريا والفطر عن طريق عمليات كيميائية حيوية داخل النبات .
- نقص الفوسفات يزيد تعرض النبات للإصابة بالفطريات الضارة وقد يرجع ذلك إلى عدم ملاءمة نسبة النتروجين / الفوسفور .
- نقص البوتاسيوم يخفض إنتاج النشا مما يجعل جدر الخلايا أكثر رقة وضعفاً وشعيرات الأوراق ضعيفة وينتج عن ذلك سهولة دخول الطفيليات وقد لا يكتمل تكون النشا فيزداد تكون السكر كمركب متوسط مما يشجع الإصابة بالمن وما قد يسببه من العدوى بالفيروس .

- يسبب نقص الكلسيوم ضعف عوامل القوة بالنبات مما ييسر دخول هيفات الفطريات على سبيل المثال .
- يؤدى نقص السليكون إلى رقود النبات Lodging لضعف سوقه كما يبدو أن حامض السليسيك يزيد المقاومة ضد الأمراض الفطرية .

ولا يعرف الكثير حتى الآن عن إمتصاص النباتات للمضادات الحيوية لتزيد مقاومتها للأمراض البكتيرية ولو أن من الممكن أن امتصاص هذه المضادات الناتجة فى التربة قد يلعب دوراً هاماً لحماية النبات من هذه الأمراض ، فالتسميد الذي يساعد على بث الحياة فى التربة قد يعنى أيضاً زيادة إنتاج المضادات الحيوية فيها .

وتبدو العلاقة بين التغذية ومقاومة النبات للأمراض واضحة فى حقل تعانى نباتاته نقص التغذية إذ كثيراً ما تكون هذه النباتات عرضه للإصابة بالطفيليات المختلفة .

إمتصاص النبات للعناصر المغذية

تقدمت دراسات تغذية النبات فى السنوات الأخيرة تقدماً كبيراً فمنذ أتضح لباحثي القرن التاسع عشر أن النبات يمتص العناصر فى صورها المعدنية توالت الدراسات لكشف العناصر الضرورية لتغذية النبات والصور التى يستطيع النبات إمتصاصها من هذه العناصر وطرق النبات فى الامتصاص والظروف التى تلائم عملية الإمتصاص والتي لا تلائمها .

ونمو النبات محصلة لعوامل شديدة التعقيد ولذلك فقد قابل الباحثون

صعوبات مختلفة عند دراستهم لتغذية النبات وبعد أن عرفوا أن النبات يمتص العناصر فى صورة أيونية عمدوا إلى تنميته فى محاليل العناصر المغذية تبسيطاً للعوامل التى تؤثر على إمتصاص هذه العناصر عند تنمية النبات فى الأرض وتدرجوا بعد دللك إلى تنمية النباتات فى معلقات من الطين والماء مع العناصر المغذية وكذا تنميتها فى غرويات نقية مثل أنواع معينة من الطين أو الراتنجات Resins ، كما إستعملوا فى هذه الدراسات جذور النباتات وحدها Excised Roots والنباتات الكاملة Intact Plants .

وعند إستعمال المحاليل المغذية لتنمية النباتات أتضح أنه يجب توافر الشروط الآتية فيها :

١- أن تحضرُ هذه المحاليل بحيث تحتوى تركيزات من العناصر تتناسب تقريبا مع معدلات امتصاص النبات لها حتى لا ينفذ أحدها من المحلول قبل بقية العناصر .
٢- أن تكون متوازنة Balanced أى يمتص النبات منها تقريبا مقادير من الكاتيونات مساوية لما يمتصه من الأنيونات حتى نتفادى تحول المحلول إلى الحموضة الزائدة إذا إمتص النبات مقداراً من الكاتيونات أكبر من الأنيونات وهو ما يعبر عنه " بالحموضة الفسيولوجية " Physiological Acidity ، أو تحوله إلى القلوية بزيادة امتصاص الأنيونات عن الكاتيونات Physiological Alkalinity .
٣- يرى بعض الباحثين أن يتوافق تركيب المحلول المغذى مع نوع النبات الذي ينمو فيه غير أن النبات له القدرة على إمتصاص حاجته من

مختلف العناصر وعلى سبيل المثال فان بادرات البرسيم تحتوى حوالي ٢,٠ بجم من الفوسفور بينما بادرات الفول النامية فى نفس التربة وتحت نفس الظروف إحتوت ١٤,٦ بجم من الفوسفور .

وينمو الكثير من أنواع النباتات فى محاليل أطلق عليها " قياسية " أى تصلح لعدد من النباتات ، وعند تنمية نباتات فى المحاليل يقتضي أن يكون تركيز الأملاح بالمحلول ١٪ و ٢٪ (وقد يرتفع إلى ٥٪ لظروف خاصة) وهذا التركيز يعادل ضغطاً أسموذياً نحو ٠,٥ – ١,٥ جو ، ونورد فى الجدولين الآتيين تحضير وتركيب محاليل مغذية شائعة الإستخدام.

أ – تحضير بعض المحاليل المغذية وتركيبها الكيميائي

KNO_3	نترات بوتاسيوم	٤٦٠	٤٢٦	٥٠٠
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	نترات كلسيوم	–	٨٦٨	١١٨
KH_2PO_4	فوسفات أحادية البوتاسيوم	١٠٥	٢٤٨	١٣٦
NH_4NO_3	نترات أمونيوم	٧٥	–	–
$(NH_4)_2SO_4$	كبريتات أمونيوم	–	١٠	–
$Mg\,5O_4.7H_2O$	كبريتات مغنيسيوم	٢١٦	٣٧٨	٤٩٣
$Mg(NO_3)_2.6H_2O$	نترات مغنيسيوم	٢٥	–	–
$CaCO_3$	كربونات كلسيوم	٨٥	٠	٠
Fe-cetrate/fe-EDTA	سترات حديد (٢٠٪ح)	–	–	٥
$FeSO_4.7H_2O$	كبريتات حديدوز	١٥	٢٠	٠
$MnSO_4.4H_2O$	كبريتات المنجنيوز	٢	٥	٢
$ZnSO_4.7H_2O$	كبريتات الزنك	٠,٨	٠,٠٤	٠,٢
$CuSO_4.0H_2O$	كبريتات النحاس	٠,٦	٠,٠٤	٠,٠٨
$NaB_4O_7.10H_2O$	بوراكس	١,٧	١٠,٠	٢,٠
$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	موليدات الأمونيوم	–	–	٠,١

المحلول ـ يستخدم ماء مقطر ماء الحنفية ـ بجم من الملح المحتوى على العنصر/لتر

ب – التركيب الكيميائى (نسب العناصر المغذية بالمحلول)

Gerike Pennings sfield

مجم/لتر (جزء/مليون)

رقم pH عند الابتداء	٥,٥	٥,٥	٤,٥
تركيز الملح ٪	١,٧	٢	٠,٩
N	٢١٢	١٩٢	٩٣
P	٢٤	٦٤	٣٢
S	٦٤	٥٠	٢٨
K	٢١٠	٢٤٨	٢٣٤
Ca	٣٤	١٧٨	٢٠٠
Mg	٢٤	٣٧	٤٨
Fe	٣	٤	(١)
Mn	٠,٥	١,٢	٠,٥
Zn	٠,٢	.١٠	٠,٠٥
Cu	٠,١٥	٠,٠١	٠,٠٢
B	٠,٢	١,٠	٠,٥
Mo	–	–	٠,٠١

– يضاف الحديد كل ٣ أيام

– إحتياجات النبات من الكلورين تأتى من شوائب الكيماويات ولذا لم تضف .

إمتصاص النباتات للعناصر المغذية من الأرض

إستعملت طرق الدراسة السابق الإشارة لها سواء المحاليل المغذية أو المعلقات الغروية للتعرف إلى آليات Mechanisms النبات فى إمتصاص العناصر الغذائية بواسطة جذوره حتى يمكن منها تفسير النتائج التى يتحصل عليها من دراسة النبات عند نموه فى الأرض وفى دراستنا لخصوبة

الأراضي فإن إمتصاص النبات من النظام الأرضي هـو الـذي يهمنـا بصفـة مباشرة رغم أن بعض نواحي هذا الموضوع لا زالت موضوع خلاف بـين كثير من الباحثين وفى الصفحات التالية عرض لبعض الدراسات فـى هـذا المجال الهام من دراسات الأرض والنبات .

يطلق تعبير " النظام الأرضي " علـى المواد الصلبـة والسـائلة والغازيـة التى توجد معاً فى الكتلة الأرضية وتوجد العناصر المغذية فـى حالـة ذائبـة أى بالقسم Phase السائل من النظام الأرضي وفى حالة صلبـة بـالطور أو القسم الصلب بغض النظر عن أهمية الهواء الأرضي من الناحية الغذائية .

ويحتوى المحلول الأرضي العناصر المغذية فى صورة ذائبة وقد أعتـبرت هذه العناصر الذائبة المصدر الذي يستطيع النبات الحصول منه على حاجته منها . وظل هذا الـرأي سـائداً وقتـاً غـير قصـير رغـم أن بعـض البـاحثين الأوائـل اعـترضوا عليه فقـد أشـار Liebig سـنة ١٨٥٨ إلى " أن مقـادير العناصر الذائبة أو التى يمكن إذابتها فى المحلول الأرضي لا يمكن أن تكفـى حاجة النبات وأنه لابد من وجود طريقة أخرى ذات صلة بجـذور النبـات تعمل على مده بحاجته من هذه العناصر " وبرزت بعد ذلـك أهميـة الجـزء الصلب من العناصر المغذية ومساهمته فى مد النبات بحاجته منها وقسمت عملية حصول النبات على عنصر مغذى من الجـزء الصلـب إلى الخطـوات الآتية :

١- تحـول العنصـر مـن الطـور الصلـب إلى الطـور السـائل فــى المحلــول الأرضي.

٢- تحرك الأيون من أى نقطة فى المحلول الأرضي إلى جوار الجذر .
٣- إنتقال الأيون من قرب الجذر إلى داخل الجذر .
٤- إنتقال الأيون إلى أعلى النبات .

ويتم تحول العنصر من الطور الصلب إلى الطور السائل فى النظام الأرضي بإحدى الطرق الآتية :

١- التبادل Exchange

أ) ينبعث ثاني أوكسيد الكربون من الجذور فيكون فى المحلول الأرضي حامض كربونيك .
ب) ينتشر حامض الكربونيك فى المحلول ليصل إلى سطوح حبيبات الطين .
ج) يحل أيونُ هيدروجين الحامض محل أيون البوتاسيوم مثلاً على سطح الطين وتتكون بيكربونات البوتاسيوم .
د) ينتشر الملح الجديد - بيكربونات البوتاسيوم - من سطح الطين متجهاً إلى الجذر حيث يتبادل البوتاسيوم مع الهيدروجين على سطح الجذر أو يدخل الجذر على صورة زوج من الأيونات، ويطلق على هذه الآلية نظرية ثاني أوكسيد الكربون .

٢- الإذابة Dissolution

وهى تمثل قدرة الجزء الصلب من النظام الأرضي على مد المحلول الأرضي بالعناصر المغذية ويذكر فريد وشابيرو fried and Shapiro أن معدل تحول العناصر من الصورة الصلبة إلى المحلول الأرضي ثابت ومميز لكل أرض .

والقدرة على إذابة الطور الصلب تزيد عموماً بإرتفاع درجة الحرارة كما أن نسبة ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء الأرضي تزيد زيادة كبيرة على نسبته فى الهواء الجوى ، والحامض الناتج عن ذوبانه في الماء الأرضي له قدرة على إذابة كثير من المواد الصلبة تزيد عن قدرة الماء وحده وتختلف آلية الإذابة فى هذه الحالة عن آلية التبادل المشار إليها فى الفقرة السابقة .

٣- التقييد Chelation

يرى هنتر Hunter وآخرون أن جذور النبات تفرز مركبات مقيدة تنتشر فى المحلول الأرضي حتى تصل إلى المركبات غير الذائبة المحيطة بالجذور فترتبط مع العناصر وتعود مرة ثانية بالإنتشار إلى جذور النبات .

سبق أن ذكرنا أن العناصر المغذية قد توجد في المحلول الأرضي أو فى صورة صلبة مدمصة على سطوح حبيبات الأرض الدقيقة معدنية أو عضوية أو فى صورة رواسب وإذا كان قد إتضح من عدد من الدراسات العلاقة الوثيقة بين المحلول الأرضي وبين إمتصاص النبات للعناصر فإن المحلول الأرضي نفسه شديد الإرتباط سواء من ناحية العناصر التى يحتويها أو تركيزها بالصورة الصلبة من الأرض ومن العنصر فأول العمليات التى تؤثر على الإمتصاص هي مدى تحول عنصر ما من الصورة الصلبة إلى الصورة السائلة ، ثم تحرك الأيون بعد تخلصه من الجزء الصلب فى المحلول الأرضي بواسطة الإنتشار أو منقولاً مع الماء نحو سطح الجذر .

فالمقدار الذي يحتويه المحلول الأرضي من عنصر ما يتوقف على القدرة الإمدادية للجزء الصلب من الأرض لهذا العنصر فى المحلول وبذا إتجهت

الدراسات إلى تركيز العنصر فى المحلول وهو ما يعبر عنه فى بعض الدراسات **Intensity** أو عامل القوة والقدرة الامدادية **Replenishment**.

١- عامل القوة فى المحلول الأرضي The Intensity Factor

يصف هذا العامل " قوة " الأيون فى المحلول والتعبير عن قوة الأيون يمكن أن يكون بالتركيز أي بتقدير المقدار الكلى من هذا الأيون فى المحلول، ولكن بعد إدخال النشاط أو الفاعلية **Activity** فى دراسة قوة الأيونات بالمحاليل إتصح أن المقدار الكلى من الأيون بالمحلول لا يعبر التعبير الصحيح عن قدرة هذا الأيون فى التفاعلات الكيميائية المختلفة ، ولذلك أصبح التعبير بإستخدام التركيز النشط أو الفعال ، وهو حاصل ضرب المقدار الكلى/الموجود من العنصر الذائب فى معامل النشاط أكثر دقة عند محاولة ربط التركيب الأيونى لكل من المحلول الأرضي والنبات النامي . فإذا كان التركيز من العنصر فى المحلول "ك" فإن المقدار النشط أ = ك م حيث "م" معامل النشاط .

٢- القدرة الامدادية للأراضي The Replenishment Factor

يمكن أن نقسم المقدار الكلى من عنصر ما بالأرض إلى قسمين ، الأول القسم الذائب فى المحلول الأرضي والآخر بالصورة الصلبة من النظام الأرضي وهو كما ذكرنا سابقاً فى صورة مدمصة أو قابلة للتبادل أو فى صورة مرسبة ، وهذا القسم يعمل كمخزن للعنصر يعوض ما يستنزف من المقدار الذائب فى المحلول الأرضي .

فالقسم الأخير – الصلب – يعبر عنه عادة بكمية العنصر بالأرض Quantity تمييزاً له عن قوة العنصر بالمحلول Intensity وكمية العنصر وقوته بالمحلول ترتبطان معاً فزيادة الكمية قد تزيد القوة بحكم العلاقة بينهما ويعبر عنها بالسعة التنظيمية Buffering Capacity وهى مقاومة النظام من الكمية والمحلول – لتغيير قوته – ويعبر عن السعة التنظيمية بنسبة التغير فى الكمية "ك" أو "q" إلى التغير فى القوة "ق" أو "I" أى أن: السعة التنظيمية = $\frac{\Delta ك}{\Delta ق}$ أى $\frac{\Delta q}{\Delta I}$.

والعلاقة البيانية بين هذين العاملين تعطى خطاً منحنياً ولكن القسم الأول منه مستقيم تقريبا ، وفى هذا القسم تكون النسبة $\Delta q / \Delta I$ ثابتة، وهو القسم الهام من الناحية التطبيقية غالباً ، ولو أن بعض الدراسات تقتضي أن يدخل كل الخط بما فيه الجزء الأعلى المنحنى فى نسبة التغير وهذه الحالة غير ثابتة ويعبر عنها $\frac{د ك}{د ق}$ dq/dI أو السعة التنظيمية التفاضلية أو المتغيرة Differential Buffering Capacity (DBC) وتتوقف على قيمة "ق" لأن قيمة ك عادة ثابتة .

ومهما كانت طريقة مد المحلول الأرضي بالعناصر المغذية فإن تركيز هذه العناصر بالمحلول الأرضي دائماً أقل من أن يفي بحاجة النبات . ولذا فمن الضروري أن تتجدد محتويات المحلول الأرضي عدة مرات يومياً خصوصا فى حالة الفوسفور لإنخفاض تركيزه فى المحلول الأرضي إنخفاضاً شديداً حتى يستطيع النبات إستيفاء حاجته من العناصر .

تحرك الأيون إلى جوار الجذر

قسم باربر (١٩٦٢) Barber الوسائل التى تصل بها العناصر المغذية بالأرض إلى سطوح جذور النبات إلى ثلاث وسائل :

١- أن يصل الجذر بنموه إلى حيث توجد هذه العناصر أي أن الجذر "يعترض" العناصر حيث تكون ، ولذا يطلق على هذه الآلية "الإعتراض الجذري" Root Interception .

٢- أن تنتقل العناصر إلى سطوح الجذور بواسطة النقل مع الماء ويطلق على هذه الآلية الانتقال الكتلي Mass Flow ، ويتحرك الماء فى الأرض نحو الجذور نتيجة الجذب المستمر له الناتج عن امتصاصه بواسطة جذور النبات ، ويتأثر إنتقال الماء وبالتالي العناصر المحمولة معه بنفاذية الأرض للماء وكذا بدرجة الحرارة لأن حركة الماء تتأثر بمعامل اللزوجة ويتأثر الأخير بدرجة الحرارة .

٣- أن تنتقل العناصر من الأرض إلى سطح الجذر " بالإنتشار " Diffusion ، ويتوقف الإنتشار على وجود فرق (منحنى أو ممال) فى التركيز Gradient .

ويمكن توضيح " الإنتشار " بوضع عدد من بللورات ملح فى كوب من الماء فبعد مضى بعض الوقت نجد أن الملح أصبح موزعاً بإنتظام فى المحلول كله .

وآلية هذا التوزيع " الإنتشار " هي حركة كل من جزيئات الماء والملح فى جميع الإتجاهات ، ويقدر الإنتشار النهائي Net Diffusion بالفرق بين عدد الجزيئات التى تتحرك فى أى إتجاهين متضادين فى مدة معينة .

وفـى دراستنا لموضـوع الإنتشــار (Balba and Daoud 1975) بإستخدام الصوديوم المشع ٢٢ أوضحنا أن معامل إنتشار الصوديوم يختلف بإختلاف نوع الطين فهو فى نظام من طين الكاولينايت والماء أعلى منه فى نظام من طين المونتموريللونايت والماء ، وإزداد معامل إنتشار الصوديوم بزيادة تركيز أملاح الصوديوم فى النظام وإنخفض هذا المعامل بزيادة نسبة الرمل إلى الطين ، أما فى دراسة معامل إنتشار الصوديوم فى الأراضي المصرية فإن قيمة هذا المعامل تكون محصلة لعدد من العوامل أهمها التوزيع الحجمي لحبيبات الأرض ونسبة الأملاح الذائبة ونوع الطين السائد بالأرض ونسبة كربونات الكلسيوم بها .

وفى دراسة أخرى على إنتشار الأمونيوم والنترات (Balba and Nasseem) أن معامل إنتشار النترات أعلى من معامل انتشار الأمونيوم وأنهما يتأثران بالعوامل التى سبق أن أوضحناها فى دراسة إنتشار الصوديوم وبنفس الإتجاه زيادة أو نقصاً .

وحاول باربر Barber تقويم كل وسيلة من ناحية كفاءتها فى مد النباتات بحاجته من العناصر المغذية من الأرض وأنتهي إلى أن الوسيلة الأولى ـ الإعتراض الجذري ـ لا تمد نبات الذرة الذي ينتج حوالي ٢٥ إردباً للفدان من عمق ١٥ سم بأكثر من ٦ إلى ١٠ فى المائة من حاجته من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ، ولكنها تكفى لأن تمده بجميع حاجته من الكلسيوم والمغنيسيوم .

وأن النقل بالماء – الإنتقال الكتلي Mass Flow – يمد النبات بأغلب حاجته من المغنيسيوم ولكنه لا يكفى لمده إلا بنسبة صغيرة من حاجته من البوتاسيوم والفوسفور، وأوضح باربر أنه بإستعمال الكبريت المشع تجمع الكبريت حول الجذور بالإنتقال مع الماء .

ويرى أن النقل بالإنتشار هو الوسيلة الأساسية التى تمد النبات بأكثر حاجته من الفوسفور والبوتاسيوم .

ويرى شابيرو (Shapiro) أن النقل مع الماء هو الآلية الأساسية لحركة الفوسفور فى الأرض متجهاً نحو الجذر غير أن أولسن Olson يرى أنه إذا كان تركيز الفوسفور فى محلول أرض خصبة بين ٠,٢-٠,٣ جزء/مليون وأن نباتات الذرة تحتاج إلى نحو ٢٥٠-٣٥٠ جم من الماء لكل ١جم من المادة الجافة التى ينتجها ، وأن هذا المقدار من الماء ينقل معه من الفوسفور إلى نبات الذرة مقداراً صغيراً لا يشكل غير نسبة ضئيلة مما يحتويه النبات فعلاً من الفوسفور ولا تكاد تزيد هذه النسبة عن ٢- ٤٪ من جملة الفوسفور الذي أمتصه النبات وقد تزيد هذه النسبة مرتين أو ثلاث مرات فى حالة توالى الرى أو بالتسميد بالفوسفور . ويستنتج أولسن من ذلك أن الآلية الأساسية فى عملية الإنتقال بالنسبة للفوسفور هى الإنتشار ، وقام بمحاولة لتقييم آلية النقل بالإنتشار من الناحية النظرية وأنتهي من هذه الدراسة إلى أن إنتشار الفوسفور يلعب دوراً هاماً فى إمتصاص جذور نبات الذرة للفسفور وبإستخدام هذه الدراسة النظرية إتضح له من حساب معامل إنتشار الفوسفور فى أرض طينية وأرض رملية أن معدل

إمتصاص هذا العنصر بواسطة جذور الذرة فى أرض طينيــة يعـادل نحـو ٣ أمثال هذا المعدل فـى الأرض الرمليـة ثـم قـام بـالتحقق مـن ذلـك تجريبيـاً وأوضح أن جذور الذرة النامية فى الأرض الطينية تحتوى مـا يقـرب فعـلاً من ٣ أمثال ما تحتويه قرينتها النامية فى الأرض الرملية .

وفى رأينا أن آلية إنتقال العنصر من الجزء الصلب فى النظام الأرضـي إلى سطح الجذر لازالت تحتاج إلى مزيد من البحث .

ويقدر فريد وشابيرو (Fried & Shapiro, 1961) أن المحلـول الأرضـي يستطيع أن يمد محصول ذرة مقداره حوالي ٢٠ إردباً للفدان بمعظم حاجتـه من العناصر الغذائية فى أرض تحتوى ٢٠ جزء/مليون من الفوسفور ، ٤٠ جزء/مليون كلسـيوم ، ٤٠ جـزء/مليـون مغنيسـيوم و ١٠٠ جـزء/مليـون بوتاسيوم ويلاحظ أن تركيز ٢٠ جزء/مليون فى المحلول الأرضي – ذائـب فى الماء – فى الأراضي المصرية نادر الحدوث .

ورغم أن كثيراً من الباحثين يعتبرون أن نظرية المحلول الأرضي مقبولـة إلا أن ينى Jenny يرى أنها قاصرة عن تفسير قدرة النبات على إمتصـاص العناصر الدقيقة فى الأراضي القاعدية حيـث يكـون ذوبـان هـذه العنـاصر شديد الإنخفاض .

وهـو يـرى أن الأيونـات فـى الطـور الصلـب المدمصه علـى سـطوح الحبيبات يمكنها أن تنتقل إلى جذور النبات مباشرة دون الانتقال إلى الطور السـائل مـن النظـام الأرضـــي عــن طريــق التبــادل بالملامســة Contact exchange وتعتمـد نظريتـه فى التبـادل بالملامسـة على أن مجـمـوعات

الأيونات Ion swarms على الجذور وعلى سطوح حبيبات الطين تتداخل مع بعضها وينتج عن هذا التداخل أنها تتبادل أماكنها على الطين والجذور دون الحاجة إلى وسط سائل .

ومن رأيه أن كلاً من الوسيلتين ـ المحلول الأرضي والتبادل بالملامسة ـ تساهم فى مد النبات بحاجته من العناصر فى النظام الأرضي وأن طريقة المحلول الأرضي تكون سائدة بالنسبة للعناصر الغذائية الأساسية فى الأراضي الطينية فالتبادل بالملامسة يكون هو الفعال فى مد النبات بحاجته منها وخصوصاً من العناصر الصغرى .

ويتوقف يسر Availability العناصر المغذية المدمصة على سطوح الطين للنبات عن طريق التبادل على عدد من العوامل منها :

- نسبة تشبع الطين بالعنصر .
- الأيونات المرافقة .
- نوع الطين أو المركب الغروي وسعته التبادلية .
- نوع النبات .

غير أننا نوجه النظر إلى أن كلاً من هذه العوامل لا ينفرد بالتأثير على إمتصاص العنصر المدمص على سطح المركب الغروي مستقلاً عن بقية العوامل بل تعمل هذه العوامل مجتمعة ويؤثر كل منها على الآخر .

أثر نسبة تشبع الطين بالعنصر

كلما إنخفضت نسبة تشبع الطين بالعنصر كلما قل يسر هذا العنصر للنبات ويذكر كثير من الباحثين أن البوتاسيوم يصبح غير ميسور للنبات

إذا قلت نسبته على سطح الطين عن ١٪ من السعة التبادلية الكاتيونية للطين بينما يجب أن تزيد نسبة تشبع الطين بالكلسيوم عن ٣٠٪ حتى يكون ميسور للنبات وقد أوضح الجبلى (١٩٥٥) أنه كلما زادت نسبة تشبع الطين بالعنصر كلما زاد المقدار الذي يمتصه .

أثر الأيونات المرافقة

لوحظ أنه عند نسبة تشبعية معينة لعنصر ما أن إمتصاص النبات لهذا العنصر يتأثر بنوع الكاتيون المدمص المرافق له على سطح الطين فإذا كان الكاتيون المرافق ضعيف الإرتباط بهذا السطح كان إمتصاص العنصر منخفضاً وإذا كان إرتباط الكاتيون المرافق قوياً إرتفع إمتصاص العنصر .

أثر نوع الطين وسعته التبادلية

يرى الجبلى وفيكلاندر Elgabaly & Wiklander (1955) أن إمتصاص النبات للعناصر الأحادية والثنائية المدمصة يتأثر بالسعة التبادلية للطين . فكلما زادت السعة التبادلية الكاتيونية للطين فإن إمتصاص النبات للكاتيونات الأحادية يزداد ، وأوضحا ذلك بإستعمال راتنج Resin وطين بنتونايت Bentonanite وكاؤلينايت Kaolinite لها سعات تبادلية كاتيونية ١٧٠ ، ٧٠ و ٣٨ ملليمكافىء /١٠٠جم من كل منها على التوالي وتحتوى نسباً متماثلة من الصوديوم إلى المغنيسيوم أو الصوديوم إلى الباريوم المحمولة على سطوحها فكانت نسبة الصوديوم التى إمتصها النبات فى حالة الراتنج ذي السعة التبادلية العالية أعلى من نسبة المغنيسيوم

أو الباريوم الممتصين ولكن نسبة المغنيسيوم أو الباريوم التى إمتصها النبات فى حالة الكاؤلينايت فاقت نسبة الصوديوم الممتص .

أثر نوع النبـات

سبق أن أوضحنا أن لجـذور النبـات سعة تبادليـة كاتيونيـة فعنـد نمـو النبات فى الأرض يحدث تنافس بين سطوح الجذور وسطوح الطـين علـى الكاتيونات وتزداد قدرة النبـات علـى الحصـول علـى الكاتيونـات الثنائيـة كلما إزدادت سعتها التبادلية الكاتيونية .

وقد سبق أن أشرنا إلى رأى ماتســون فـى ذلـك وقـد أوضـح الجبلـي وفيكلاندر هذا العامل بوضع جذور البسلة ذات سعة تبادلية كاتيونية ٧١ ملليمكافىء/ ١٠٠جم وجذور الشعير ذات سعة تبادليـة كاتيونيـة ٢٢,٧ ملليمكافىء/ ١٠٠جم فى معلق من الطين المشبع بالكلسـيوم + الصوديـوم لمدة ١٠ ساعات فإمتصت جذور البسلة من الكلسيوم ضعف مـا إمتصتـه جذور الشعير منه بينما إمتصت جذور الشعير من الصوديـوم ٤ أمثـال مـا إمتصته جذور البسلة منه .

إنتقال الأيونات إلى داخل الجذور

اقترحت عدة آليات لتفسير دخول الأيونات خلايا الجـذر وتراكمهـا فيها وبعض هذه الآليات لا يرتبط كثيراً بعمليات الأيض فى النبات فـدور العمليات الحيـوية فى النبـات فى هذا النـوع من الإمتصـاص غير أسـاسي

ويطلق عليه إمتصاص سلبى أو غير أيضى Passive or Non Metabolic وبعضها الآخر يفسر الإمتصاص بإرتباطه المباشر بالأيض ولذا فدور النبات فيه إيجابي ويطلق عليه إمتصاص إيجابي أو أيضى Active or Non Metabolic.

أولاً : الإمتصاص السلبى

اقترحت ثلاث آليات لتفسير حدوث هذا النوع من الإمتصاص هى: الإنتشار ، توزيع دونان والتبادل .

(أ) الإنتشار Diffusion

هو أكثر الآليات التى تفسر الإنتقال السلبى للأيونات وضوحاً فحيثما وجد فرق بين نقطتين فى تركيز أو نشاط activity المادة المذابة Solute توجد (رغبة) فى تحرك هذه المادة فى الوسط المذيب متجهة من التركيز أو النشاط المرتفع نحو التركيز أو النشاط المنخفض ليقترب التركيز فى النقطتين من التساوي، ومعدل الإنتقال يحدده الفرق بين التركيزين ويتناسب طردياً مع هذا الفرق وتستطيع الخلايا الحصول على المواد المذابة فى المحلول الخارجي المحيط بها بآلية الإنتشار هذه متى وجد فرق بين تركيزها داخل الخلية وفى الوسط الخارجي .

ومن رأى دانيلى Denielli أن الإنتشار يكون متقطعا فتسرع حركة المذاب فى أحد المواقع فى النظام System بين نقطة وأخرى بينما تكون

هذه الحركة فى موقع آخر مجرد ذبذبة يتأرجح فيها جزئ المادة المذابة ويحتفظ الجزيء بموقعه هذا نتيجة للقوى المحيطة به ويعتبر كأنه محاط بجهد مانع لا يستطيع أن يتخطاه إلا إذا حصل على جهد حركي ييسر له الإنتقال حتى إذا فقد هذا الجهد فإنه يقف، ومعروف أن الإنتشار يتأثر بالحرارة ويحدد الجهد المانع الذي أشرنا إليه (المعامل الحراري للإنتشار) .

واقترح دانيلى نظرية الإنتشار الميسر **Faciliated Diffusion** وتتميز بما يلى :

١- يؤدى إنتقال الجزيئات إلى تساوى التركيز داخل الخلية وفى المحلول الخارجي .

٢- معدل إنتقال الجزيئات إلى داخل الخلية لا يتناسب طرديا مع زيادة تركيزها بالمحلول الخارجي .

٣- لا يتأثر الإنتقال بالإنتشار بالسموم التى تعطل النشاط الأيضى .

ويحدث نفاذ الأيونات إلى داخل الجذر خلال مسافات خالية Free spaces فى أنسجته وتعتمد نظرية الإنتقال بالإنتشار على أن المحلول الخارجي يمتد إلى داخل الجذر خلال هذه المسافات ولذا فإنتشار الأيونات من المحلول الخارجي إلى الخلايا خلال هذه المسافات يعتبر عملية عكسية أى يمكن أن تنتشر الأيونات من الخلايا إلى المحلول الخارجي ويحكم إتجاه حركة الأيونات فرق التركيز .

وإنتشار الأيونات يتبع قوانين تماثل القوانين الخاصة بجهد

الإلكترونيات Chemical Potential وفى حالة إنتشـار الأيونـات فـالأمر قد يختلف لأن نفاذية الغشاء لأي أيـون تتوقـف علـى بقيـة الأيونـات فـى النظام ونفاذ الكاتيون " أ " مثلا خلال الغشاء يحدده نفاذ الأنيـون " ب " وكذا قدرة الكاتيون " أ " نفسـه علـى الحركـة خـلال الغشـاء فـإذا كـان الغشاء ذا شحنه سالبة مثلاً فإنه يكون طـاردا للأنيونـات ذات الشـحنات السالبة وجاذبا للكاتيونات بجانب الغشاء وزيـادة فـرق الجهـد الكهربـائي ويساعد ذلك على نفاذ الكاتيونات بينما يعوق الأنيونات .

ويتضح من ذلك أنه إذا كان إنتشار الأيونات خـلال نظـام متجـانس لا يميز الأيونات السالبة أو الموجبة فإن حالة الإتـزان يحكمهـا فـرق الجهـد الكيميائى أما إذا تكون فرق فى الجهد الكهربائى فإن ما يحكم الإتزان هو الجهـد الكهـربائى Electrochemical Potential ويعـبر عـن الجهـد الكيميائى $u_1 = u_1^0 + R\,T\,\ln a_1$ والـجـهد الـكـهربى الكـيمـيـائي : $u_1 = u_1^0 + R\,T\,\ln a_1 + ZFE$ حيـث "a_1" الـتركيز النشـط للأيـون ، "Z" التكافؤ ، "F" عدد فردى و "E" الجهد الكهربي.

(ب) توزيع دونان Donnan Distribution

سبق أن أوضحنا بعض الأساسيات المتصلة بتوزيع دونان للكاتيونـات والأنيونات على جانبى غشاء نصـف منفـذ وبمقتضى هـذا التوزيـع يـزداد تركـيز الأيونـات داخـل الخلية كلمـا زاد تركيزهـا فـى المحلـول الخـارجى ويحكم حالة الإتزان الجـهد الكهـربي الكيمـيائي لوجـود فـرق فى الجـهـد

الكهربى راجع إلى إختلاف نفاذ الكاتيونات عن الأنيونات بالإضافة إلى فرق التركيز .

وإنتقال الأيونات داخل الخلية بتوزيع دونان عملية فيزيائية لأنها تتم نتيجة لفرق الجهد الكهربي الكيميائي دون حاجة إلى جهد من جانب خلية النبات .

(جـ) التبادل Exchange

أوضحت دراسات ينى Jenny وزملاؤه النقاط الآتية :

١- بإستخدام نباتات البرسيم الحجازى الصغيرة النامية فى أرض جيرية قاعدية التأثير فإن إمتصاص الحديد يتناسب طرديا مع حبيبات أوكسيد الحديد الصلبة التى تلامس الجذور .

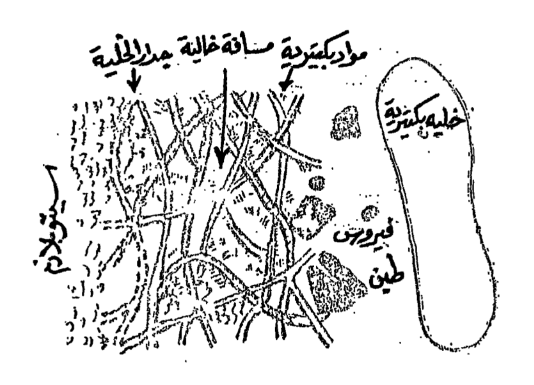
٢- للسطوح الماصة Exchangers مثل الأمبرلايت والجذور فى حالة تشبعها بالهيدروجين القدرة على هدم حبيبات أوكسيد الحديد عند تلامسها معها .

٣- أيونات الحديد التى نتجت عن هدم أوكسيد الحديد والموجودة عند السطح الخارجي لغشاء الإمبرلكس أو قطع من الجذور التى إستخدمها فى دراسته تنتقل خلال هذه الأغشية المنفذة بواسطة الانتشار والتبادل إلى داخل الجذر .

تفسير ينى لإمتصاص الحديد فى البيئات القاعدية

يوضح شكل رقم (٢) رسما تخطيطيا لجدار الخلية فى سطح الجذر مبنيا على دراسات Fry – Wyssling وسمك الجدار ١ ميكرون ويتكون

إطـار بنـاء الخليـة مـن أليـاف سـيلولوزية ذات قطـر نحـو ٢٠٠ أ (أ - انجستروم) وبين هـذه الألياف فجوات مملوءة بالماء والمواد المذابة والغازات وهذه الفجوات هى المسافات الخاليـة Free Spaces أو مملوءة بنواتج الأرض مثل الهيميسيليلوز والمواد البكتينية وغيرها ومعروف أن مجموعات الكربوكسيل ك أا Coo الحرة هى المسئولة إلى حد كبير عن السعة التبادلية الكاتيونية للجذور .



شكل (٢): رسم توضيحى للخلية والنظام الأرضى

وبالشكل رقم (٢) نجد على يسار جدار الخلية بالإتجاه إلى داخلها يوجد السيتوبلازم وعلى اليمين توجد الأرض وتمثل الأجسام السوداء بالرسم أوكسيد الحديد أو حبيبات الطين فى حجوم غروية وأقصى اليمين يوجد رسم لخلية بكتيرية "ب" وحبيبة فيروسية "ف" للمقارنة والمسافة بين الخلية البكتيرية والحافة اليمنى للخلية.الجذرية تمثل المحلول الأرضى الذى يحتوي الجزيئات المذابة ويمكن للمحلول أن يتحرك خلال القنوات الواسعة بجدار الخلية متجها من اليمن إلى اليسار نتيجة النتح وبالنسبة إلى أن أيونات الحديد بمحلول الأراضى الجيرية نادرة الوجود فيبدو أن هذه القنوات الواسعة قليلة الأهمية بالنسبة لمقدار الحديد الذى يدخل الجذور .

ومن رأى ينى أن الموقع الهام بالنسبة للإمساك بالحديد هو نقط تلامس أوكسيد الحديد مع البكتين المغطى بمجموعة الكربوكسيل .

$$\text{Root}\left|\begin{matrix}-COOH\\-COOH\\-COOH\end{matrix}\right. + \tfrac{1}{2}\,fe_2O_3 \;\underset{\rightarrow}{\leftarrow}\; \text{Root}\left|\begin{matrix}-COOH-\\-COOH-fe\\-COOH-\end{matrix}\right. + \tfrac{1}{2}\,H_2O$$

$$\text{Root}\left|\begin{matrix}-COOH\\-COOH\end{matrix}\right. + Ca\,CO_3 \;\underset{\rightarrow}{\leftarrow}\; \text{Root}\left|\begin{matrix}-COOH-Ca\\-COOH-\end{matrix}\right. + H_2\,CO_3$$

والحديد والكلسيوم اللذان يتحصل عليهما بهذه الطريقة يمكن أن ينتشرا خلال الجزء البكتينى من جدار الخلية عكس تيار من أيونات الهيدروجين الناتج عن النشاط الأيضى وكذا أيضا عكس تيار من الإلكترونات إذا كان من الضروري أن يكون الحديد فى صورة ثنائية

وليست ثلاثية وبمجرد أن يصل الحديد إلى السيتوبلازم فإنه يتحرك عن طريق آليات الأيض .

ويذكر أن المسافة بين مواقع التبادل Exchange Sites على الجذور تبلغ نحو ١٦,٥ أ° ولكن بالنسبة إلى أن جذور الخلايا تسمح بدخول بعض الجزيئات العضوية التى يصل حجمها إلى ٥٣ أ° فلابد أن هناك قنوات ومسافات واسعة كما أنه لابد من وجود مناطق تكون المسافة بين مواقع مجموعات الكربوكسيل فيها أقل من ١٦,٥ أ° وهذه المناطق تشير إلى وجود ثغور وقنوات تحتوى كثافة عالية من الشحنات وعلى ذلك فإن جدار الخلية الجذرية يمكن إعتبار أنه ذو قنوات ضيقة محملة بشحنات كثيفة وأخرى واسعة ذات شحنات ضعيفة .

وفى القنوات الواسعة تنتشر الجزيئات العضوية والأزواج الأيونية نحو الداخل أو قد تحمل مع تيار الماء الداخل إلى الجذر نتيجة النتح من اليمين إلى اليسار بشكل (٢) ولا تتدخل مواقع التبادل عبر القناة الواسعة ولكن أيونات الحديد التى قد تكون مرتبطة بأحد مواقع التبادل هذه تترسب فوراً بواسطة المحلول الأرضي قاعدي التأثير فى الأرض الجيرية .

أما فى القنوات الضيقة ذات القطر ٥ أنجستروم مثلاً فإن كثافة مجموعات الكربوكسيل عالية لدرجة أنها تطرد لو كان لها قدرة إختيارية وفى المسام والقنوات الضيقة تتداخل الكاتيونات المختلفة بعضها مع بعض فى شكل محلول كاتيونى Cation Solution ، والحديد الذي إرتبط مع مجموعة الكربوكسيل على جدار الخلية الجذرية ينتشر إلى داخل الخلية

الجذرية من اليمين إلى اليسار بشكل (٢) عكس تيار من أيونات الهيدروجين التى تتكون فى السيتوبلازم والتي تتحرك من اليسار إلى اليمين والعملية تشبه عملية تبادلية إنتشارية فتقفز فيها أيونات الحديد من مجموعة ك أأ Coo إلى أخرى وبالنسبة إلى عدم دخول أنيونات فلا يترسب الحديد وحركة الماء خلال هذه القنوات شديد البطء.

ويستطرد يني ليحسب الوقت اللازم لأيون الحديد المدمص المرتبط بمجموعة الكربوكسيل ليعبر جدار الخلية ذا سمك ١ ميكرون مستخدما فى ذلك معادلة لإينشتاين وينتهي إلى أن هذا الوقت نحو ٢,٨ ثانية وبالتالي فعملية العبور نفسها سريعة ولا تعتبر عاملا محددا لمقدار الحديد الذي يدخل الخلية ويشير إلى أن العامل المحدد يقدر على الجدار الخارجي للخلية حيث يجب أن يوجد عدد من مواقع التبادل مشغولة بالهيدروجين حتى يضمن تيار من أيونات الحديد إلى داخل الخلية ولما كانت مواقع التبادل المغطاة بالكلسيوم أو المغنيسيوم أو الصوديوم لا تهاجم أوكسيد الحديد يتضح أنه يجب أن يكون جزء من السطح المعرض الخارجي للجذر مشغولا بالهيدروجين أى تكوين مجموعة الكربوكسيل حامضية (ك أأ يد COOH) وأن تظل كذلك بواسطة تيار من أيونات الهيدروجين الذى يتجه دائما نحو الخارج بواسطة التبادل والإنتشار كما أوضحنا .

وعملية التحميض بالهيدروجين هذه تصبح صعبة إذا كانت كربونات الكلسيوم بالنظام الأرضي فى صورة حبيبات دقيقة مما يتيح لها عددا من

نقط التلامس مع سطح الجذر وكذا الحال إذا مرر تيار من محاليل هيدروكسيد أو كربونات أو بيكربونات الكلسيوم حول الجذور تقل مجموعة ك أأ يد على سطح الجذور ولعل ذلك سبب ظهور الإصفرار المؤقت على كثير من الحاصلات فى أعقاب المطر الغزير أو الرى .

ثانيا : الإمتصاص الإيجابى Active Uptake

يعتبر الإ متصاص عملية إيجابية إذا إتصف بالخواص الآتية :

١- المعامل الحراري مرتفع ويقرب من المعامل الحراري للتفاعلات الأنزيمية .

٢- معدل الإمتصاص ليس دالة خطية للفرق بين تركيز الأيونات فى الوسط الخارجي وفى داخل الخلية ولكن تراكم الأيونات داخل الخلية دالة لتركيزها خارجها إذا كان المحلول مخففا ويصبح مستقلا فى حالة المحلول ذي التركيز المرتفع .

٣- معدل الإمتصاص شديد الإختلاف بالنسبة للمواد متساوية الحجوم والمتشابهة فى درجة ذوبانها فى الليبيدات .

٤- يمكن أن يتوقف الإمتصاص نتيجة لأثر عدد من السموم .

٥- تجمع كل من الكاتيونات والأنيونات داخل الخلية لا يصحبه ظهور كاتيونات أو أنيونات أخرى بالمحلول الخارجي كما فى آلية التبادل.

٦- يستمر تراكم الأيونات داخل الخلايا من المحاليل المخففة حتى ولو كان التركيز داخل الخلية أعلى كثيرا منه خارجها .

وتراكم الأيونات أو إنتقالها الإيجابي عملية مستقلة ليس من الضروري أن يسبقها انتقال سلبى وتقوم الخلية ببذل جهد فيه وقد يحدث الإنتقال السلبى والإيجابى معا فى أى خلية تمتص الأيونات تحت الظروف الطبيعية وأهمية كل من النوعين بالنسبة للآخر تتوقف على نوع النبات وطور النمو والوسط الذى يوجد به النبات وتدخل بعض الأيونات الضرورية لتغذية النبات الخلية أساسيا بواسطة التبادل بينما تدخل أيونات أخرى أساسيا بواسطة الإمتصاص الإيجابى .

وتحتاج عملية التراكم إلى طاقة ليزداد تركيز الأيونات فى الخلايا بصفة مستمرة وتمنع عودة الأيونات إلى الوسط الخارجى والمصدر الذى يمد النبات بهذه الطاقة هو عملية التنفس وكان Lundgardh & Burstrom من أول من لاحظ أن زيادة تركيز الأملاح على سطوح الجذور التى تتنفس فى الماء يصحبها زيادة فى استهلاك الأوكسجين وإخراج ثانى أوكسيد الكربون ولذلك فقد سمى هذا التنفس بتنفس الأنيونات أو تنفس الأملاح Anion or Salt Respiration وأوضح Hoagland & Broyer أن إمرار تيار من الأوكسجين فى محاليل مخففة غمرت بها جذور شعير مفصولة يؤدى إلى تراكم الأملاح داخل خلايا الجذور بينما إمرار تيار من النتروجين بدلا من الأوكسجين يؤدى إلى نقص تراكم الأملاح أو توقفه .

ويرتبط تراكم الأملاح مع عملية الأيض Metabolism فى الخلية

فالتنفس يؤدى إلى إنطلاق الهيدروجين من الكربوهيدرات وينتقل هذا الهيدروجين ليتحد مع أوكسجين الجو مكونا ماء ويتم هذا الإنتقال بواسطة مجموعة من المواد يطلق عليها سيتوكرومات Cytochromes ويساعد فى هذه العملية إنزيم أوكسيديز السيتوكروم Cytochrome Oxidase ويرى لندجارد أن العامل المساعد فى حالة " تنفس الأملاح " مركب يحتوى الحديد الهمين Hemin بينما يكون فى حالة التنفس العادى أو التنفس الأرضى Ground respiration إنزيم آخر .

ويفسر Lundgardh تجمع الكاتيونات داخل خلايا الجذر على أساس إنطلاق الهيدروجين فتتبادل معه الكاتيونات التى أدمصت على سطح الجذر فى طريقه من داخل الخلية إلى خارجها ويفسر تجميع الأنيونات على أساس أن الحديد يتغير تكافؤه من الثنائى إلى الثلاثى فيفقد إلكترون ويرتبط بأنيون بدلا من الإلكترون المفقود وأنه توجد موجات من الإلكترونات من الداخل إلى الخارج وبالتالى تستطيع الأنيونات أن تنتقل فى الإتجاه المضاد من الخارج إلى الداخل .

المـراجـــع REFERENCES

أولاً) مراجـع باللغة العربية :

– عبد المنعم بلبع (١٩٨٢) "خصوبة الأراضى والتسميد" .

– عبد المنعم بلبع (١٩٩٠) "استزراع الصحارى والمناطق الجافـة فـى مصـر والوطن العربى" .

– أ.د. عبد المنعم بلبع "الأرض والماء والتنمية فى الوطن العربى" .

– عصـام قريـش (١٩٨٧) – رسـالة علميـة لدرجـة الماجسـتير فـى علـوم الأراضى– كلية الزراعة جامعة الإسكندرية ١٩٨٧ .
"Vesicular. Arbuscular My corhiza As Bio Fertilizer in Field and Pot Experiments".

ثانيـاً) مراجـع باللغة الإنجليزية :

- Experiments in Soil Bacteriology (1949) Allen, O.N.
- Yearbook of Agriculture. US. Dept. of Agriculture.
- Plant Diseases. Farb Peter.
- The living soil. US. Dept.
- Bacterial chemistry. Porter.
- Yearbook of Agriculture Insects US Dept of Agric.
- Raychaudry, S. P. (1966) Land And Soil.

- Black, C.A. Soil plant Relationships.
- Charley, J.L. and Jenny, H. 1966.
- El-Gabaly, 1969, Soil Sci. 69, 167-173.
- Jenny, Factors of Soil Formation Contact Exchange phenomenon
- Nasseem, M.G. 1967 Msc. Thesis, College of Agric Univ. of Alex.
- Sauchelli, V. 1969 Trace Elements in Agric.
- Barthlomw and clarck 1965. Soil Nitrogen.
- Wicklander, L. and MM. El-Gabaly 1955, Soil Sci. 80, 91-93.

كتب علمية وثقافية للأستاذ الدكتور عبد المنعم بلبع

Published Books by: Prof. Dr. A.M. Balba

باللغة العربية

١ـ فحص الأراضى Soils Examination ١٩٦٩ (٢٠٠ صفحة) ـ دار المعارف .

٢ـ خصوبة الأراضى والتسميد (الطبعة الرابعة ١٩٨٠)
Soil Fertility and Ferilization 4th. Edn.
(٥٨٠ صفحة ٥٦ جدول – رسوم توضيحية – مراجع) – دار المطبوعات الجديدة – الأسكندرية .

٣ـ استصلاح وتحسين الأراضى (الطبعة الخامسة ١٩٨١)
Land Reclamation and Improvement 4th. Edn.
(٦٦٤ صفحة ـ جداول ـ ٣٣ رسم توضيحى ـ مراجع) – دار المطبوعات الجديدة ـ الأسكندرية .

٤ـ الأرض والأنسان فى الوطن العربى – (دار المطبوعات الجديدة) .
Soils and Man In The Arab Countres

٥ـ أضواء على الزراعة العربية ـ (دار المطبوعات الجديدة) .
Light on Arab Agriculture

٦ـ المجـــــر Hungary ١٩٦٩ ـ (دار المعارف) .

٧ـ الأتربة المتأثرة بالأملاح ١٩٧٩ – (الناشر FAO ـ روما)
Salt - Affected Soils
(١٣٥ صفحة قطع كبير ـ جداول ـ ٢٣ رسم توضيحى ـ مراجع) .

٨ ـ مصطلحات علم الأراضى الأنجليزية ومرادفاتها العربية ١٩٨٢
Arabic - English Expressions in Soil Science
(٢٠٠٠ مصطلح ـ ٨٠ صفحة – أ.د عبد المنعم بلبع) .

٩- أمس واليوم وغدا ١٩٨٤ (آراء ومقترحات عن الجامعات المصرية)
Yesterday, Today & Tomorrow (Suggestions Concerning The Egyption Universities).

١٠- البحث العلمى...صانع التقدم Scientific Research The Maker of Progress

١١- الماء مآزق...ومواجهات Water and its Role in Development
(دار المطبوعات الجديدة - منشأة المعارف) .

١٢- الأسمدة والتسميد ١٩٩٨ - منشأة المعارف. Fertilizers and Fertilization

١٣- استزراع أراضى الصحارى والمناطق الجافة فى مصر والوطن العربى ١٩٩٧
- منشأة المعارف .
Utilization of Desert Soils la Arab Countries

١٤- الأرض والماء والتنمية فى الوطن العربى ١٩٩٩ منشأة المعارف.
Soils, Water and Development in Arab Countries

١٥- الأرض .. مورد طبيعى لخير البشر ١٩٩٩ منشأة المعارف.
The land, a Natural Resource for The Benefit of the People

١٦- التعبير الكمى عن استجابة المحاصيل للتسميد
(الناشر : جمعية أ.د. عبد المنعم بلبع لبحوث الأراضى والمياه) .

١٧- تقويم وتثمين الأراضى الزراعية .. ١٩٩٩ منشأة المعارف .

١٨- عالم يحاصره التلوث - عام ٢٠٠٠ منشأة المعارف .

19- **Management of Problem Soils in Arid Ecosystems.** CRC, N.Y.

20- **Calcareous Soils.**

21- **Nitrogen Relations with Soils and Plants.**

22- **Fifty Years of Phsphorus Sludies in Egypt.**
(pub. by: prof. Dr. A.M. Balba Sco. for Soil & Water Research.)

فهرس الكتاب

عالم يحاصره التلوث

دكتور
عبد المنعم بلبع

أستاذ علوم الأراضى والمياه
قسم الأراضى والمياه - كلية الزراعة
جامعة الإسكندرية

١٤٢٠ هـ - ٢٠٠٠ م

كتب علمية وثقافية للأستاذ الدكتور عبد المنعم بلبع

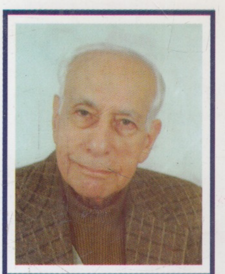
Published Books by A.M. Balba

باللغة العربية

Soils Examination	١-فحص الأراضى (١٩٦٩، ٢٠٠ص-دار المعارف)
Soil Fertility and Fertilization 4th. Edn	٢-خصوبة الأراضى والتسميد(الطبعة الرابعة ١٩٨٠- ٥٨٠ صفحة ٥٦ جدول ، رسوم توضيحية ، مراجع دار المطبوعات الجديدة ـ الإسكندرية)
Land Reclamation and Improvement 4th. Edn	٣-استصلاح وتحسين الأراضى(الطبعة الرابعة ١٩٨١-٦٦٤ صفحة -جداول-٣٣ رسم توضيحى مراجع دار المطبوعات الجديدة- الإسكندرية)
Soils and Man In The Arab Counters	٤-الأرض والإنسان فى الوطن العربى (دار المطبوعات الجديدة)
Light on Arab Agriculture, 2	٥-أضواء على الزراعة العربية(دار المطبوعات الجديدة)
Hungary	٦-المجر (١٩٦٩ - دار المعارف)
Salt - Affected Soils	٧-الأتربة المتأثرة بالأملاح (١٩٧٩- ١٣٥ صفحة قطع كبير-جداول-٢٣ رسم توضيحى ، مراجع الناشر FAO - روما)
Arabic–English Expressions in Soil Science	٨-مصطلحات علم الأراضى الإنجليزية ومرادفاتها العربية (١٩٨٢- ٢٠٠٠ مصطلح-٨٠ صفحة)
Today & Tomorrow. Suggestions Concerning the Egyptian universities	٩-أمس واليوم وغدا (١٩٨٤-آراء ومقترحات عن الجامعات المصرية)
Scientific Research The Maker of Progress	١٠-البحث العلمى .... صانع التقدم
Water and its Role in Development	١١-الماء مأزق ..ومواجهات (دار المطبوعات الجديدة)
Fertilizers and Fertilization	١٢-الأسمدة والتسميد (١٩٩٨ منشأة المعارف)
Etilization of Dessert Soils la Arab Counties	١٣-استزراع أراضى الصحارى والمناطق الجافة فى مصر والوطن العربى (١٩٩٧ منشأة المعارف)
Soils, Water and Development in Arab Counties	١٤-الأرض والماء والتنمية فى الوطن العربى (١٩٩٩ منشأة المعارف)
The land A Natural Rescuer for The Benefit of People	١٥-الأرض..مورد طبيعى لخير البشر (١٩٩٨منشأة المعارف)
Evaluation and pricing of Agricultural land	١٦-تقويم وتثمين الأراضى الزراعية (منشأة المعارف)

Benefit of the People

17- Management of Problem Soils in Arid Ecosystems. CRC, N.Y.
18- Calcareous Soils.
19- Nitrogen Relations with Soils and Plants.
20- Fifty Years of Phsphorces Study in Egypt. pub Prof. A.N. Balba Soc. for Soil & Water Research.



الكاتب فى سطــــور ...

عبد المنعم بلبــع

- أستاذ علوم الأراضى والمياه بقسم الأراضى والمياه بكلية الزراعة بجامعة الإسكندرية منذ عام ١٩٧٠ .
- اصدر كتبا متعددة فى علوم الأراضى والمياه ونشر أكثر من ثمانين بحثاً فى هذا المجال فى الدوريات العلمية المصرية والأجنبية .
- اصدر وراس تحرير مجلة الاسكندرية لتبادل العلوم Exch Alex.Sci لتدعم النشر العلمى فى وقت كان النشر العلمى فى مصر يمر بأزمة خانقة .
- تخرج فى كلية الزراعة بالقاهرة ثم حصل على دبلوم عالى فى الاحصاء من معهد الإحصاء بجامعة القاهرة والتحق بمعهد الصحافة(بجامعة القاهرة ولكنه قبل أن يتم دراسته فيه أوفد إلى الولايات المتحدة الأمريكية حيث حصل على درجة الماجستير من جامعة اريزونا سنة ١٩٥٣ ثم حصل على درجة الدكتوراه من جامعة الينوى سنة ١٩٥٦ وعاد إلى مصر حيث التحق بعمله قبل سفره إلى الولايات المتحدة -أخصائيا فى قسم الكيمياء بوزارة الزراعة ثم عين مدرسا بقسم علوم الأراضى بكلية الزراعة بجامعة الإسكندرية حيث يعمل حتى اليوم متدرجاً إلى وظيفة أستاذ.
- وخلال هذه الفترة الطويلة ساهم فى تدريس مقررات علم الأرض لطلاب مرحلة البكالوريوس والدراسات العليا وقام بدراسات متعددة فى مجالات هذا العلم منها دراسات إستصلاح واستزراع الأراضى ودراسات النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وكيمياء الصور السمادية المختلفة فى الأراضى المصرية ومدى حاجة الحاصلات المصرية للعناصر الكبرى فى الأرض على اختلاف أنواعها .
- وقد اهتم الكاتب بالتعبير الكمى عن استجابة الحاصلات للتسميد وحساب كفاءة السماد والتعبير رياضيا عن أثر العوامل المختلفة سواء الأرض أو درجة الملحية وغيرها على كفاءة هذا السماد وتصحيح بعض المفاهيم التى كانت شائعة فى تقدير خصوبة الأراضى وحساب الإضافة الاقتصادية من السماد .
- وفى مجال الحصر التصنيفى للتربة قام الكاتب بعمل أول حصر تصنيفى لإراضى الساحل الشمالى الغربى .
- كما ساهم فى دراسات مدى تلوث مياه غرب الدلتا .
- وقد دأب الكاتب على المساهمة فى لجان تطوير التعليم الجامعى وما يعقد من مؤتمرات لهذا الغرض ونشر مقالات متعددة ذات صلة وثيقة به وقدم مذكرة لمؤتمر إدارة وتنظيم الجامعات .
- وقد ساهم الكاتب فى العديد من المؤتمرات الدولية ورأس بعض جلساتها وقد أتاح ذلك له زيارة جميع الدول العربية والعديد من دول العالم الأخرى بأوربا وأمريكا وكانت هذه المؤتمرات فرصة يندر أن تتاح للكثيرين وتحدث إلى العديد من أكبر خبراء هذا التخصص .
- وقد كلفته اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا ESCWA بكتابة التقرير القطرى عن برنامج الأمم المتحدة UNEP بتقدير تكلفة مقاومة التصحر فى العالم ثم اوفده إلى سلطنة ع لمقاومة التصحر فيها ورأس لجنة كونتها عدة منظمات دولية هى منظمة الغذاء والزراعة ومنظ UNESCO وبرنامج الأمم المتحدة للتنمية UNEP لدراسة حالة تصحر الأراضى بالمملكة الأ وأوفدته منظمة الزراعة العربية رئيساً للجنة من خبراء عدة دول لدراسة تهدف إلى تحسين بإنتاج ولاية مكناس بالمملكة المغربية .
- ودعته منظمات UNESCO,FAO والجمعية الدولية لعلوم الأراضى للمساهمة فى اجتماعات إراضى العالم فى جنيف وروما ثم دعته منظمة FAO لوضع كتاب قامت بنشره عن الأراضى الملح
- وعينته وزارة الزراعة المصرية رئيسامناوبا للجنة من الخبراء المصرين وغيرهم لدراسة بحوث الأراضى وحالة المعامل على مستوى الجمهورية وأصدر مكتب المنظمة فى الشرق الأوسط كتاباعن أعمال اللجنة .
- وفى السنوات العشرين الأخيرة قام الكاتب بوضع نحو عشرين كتاباً باللغة العربية و الإنجليزية تعتبر مرجعاً للدارسين فى هذا المجال والعاملين فيه فى أنحاء الوطن العربى .

- حاصل على جائزة الدولة التقديرية فى العلوم الزراعية عام ٢٠٠١